

## **ЭКОЛОГИЯ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

DOI: 10.48137/26870703\_2023\_24\_4\_143

Туран МАМЕДОВ

Парвин МАМЕДЗАДЕ

# **РОЛЬ ПЕРЕХОДА К ЧИСТОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ: СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ВЫБРОСОВ, УТИЛИЗАЦИЯ И ХРАНЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДА**

**Дата поступления в редакцию:** 15.12.2023

**Для цитирования:** Мамедов Т. У., Мамедзаде П. У., 2023. Роль перехода к чистой энергетике в мировой практике: снижение уровня выбросов, утилизация и хранение углеводорода. – Геоэкономика энергетики. № 4 (24). С. 143–161.  
DOI: 10.48137/26870703\_2023\_24\_4\_143

Энергетический сектор является крупнейшим источником выбросов парниковых газов в атмосферу, что способствует изменению климата. В свою очередь, данные изменения климата могут нарушить работу самих энергетических сетей, создать нагрузку на инфраструктуру и угрозу безопасности для людей.

Производство электроэнергии и тепла путем сжигания ископаемого топлива (угля, нефти или газа) приводит к образованию большого количества парниковых газов, таких как углекислый газ ( $CO_2$ ) и закись азота, которые покрывают Землю и удерживают солнечное тепло.

Снижение уровня выбросов, утилизация и хранение углеводорода предполагают сокращение уровня углекислого газа, как правило, в крупных точечных источниках, таких как электростанции или промышленные предприятия, ко-

---

**МАМЕДОВ Туран Умид оглы**, аспирант, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. **Адрес:** Российская Федерация, г. Москва, 119991, Ленинский пр-т, д. 65. **E-mail:** turan\_mamadov@mail.ru. **ORCID:** 0009-0000-9357-8650.

**МАМЕДЗАДЕ Парвин Умид гызы**, кандидат экономических наук, МГИМО МИД Российской Федерации. **Адрес:** Российская Федерация, г. Москва, 119454, пр-т Вернадского, 76. **E-mail:** pmamedzade@gmail.com. **SPIN-код:** 8153-0099. **ORCID:** 0000-0002-8089-0028.

**Ключевые слова:** утилизация углеводорода, выбросы, глобальное потепление, транспортировка, сокращение выбросов.

торые используют ископаемое топливо или биомассу в качестве топлива. Если полученный  $CO_2$  не используется на месте, его сжимают и транспортируют по трубопроводу, судну, железной дороге или грузовику для использования в различных целях или же закачивают в глубокие геологические формации, такие как истощенные резервуары нефти и газа, а также в соленые водоносные горизонты.

Снижение уровня выбросов, утилизацию и хранение углеводорода можно модернизировать на существующих электростанциях и промышленных предприятиях, что позволит обеспечить их непрерывную работу. Компании путем реструктуризации могут решить проблему выбросов углеводорода в секторах, трудно поддающихся сокращению мощностей, особенно в таких, как цементная, сталелитейная или химическая промышленность. Снижение уровня выбросов, утилизация и хранение углеводорода могут сбалансировать выбросы, которые невозможно или технически трудно сократить.

## Введение

Снижение уровня выбросов и утилизация углеводорода относятся к ряду применений, с помощью которых углекислый газ ( $CO_2$ ) используется либо напрямую (т.е. без химического изменения), либо косвенно (т. е. преобразуется). В настоящее время ежегодно используется около 230 млн т  $CO_2$ , в основном для производства карбамида (~130 млн т) и повышения нефтеотдачи (~80 млн т).

Новые пути использования в производстве синтетического топлива на основе  $CO_2$ , химикатов и строительных материалов набирают обороты. Текущий портфель проектов показывает, что к 2030 г. можно будет получить около 10 млн т эквивалента  $CO_2$  в год, в том числе около 7 млн т  $CO_2$  в производстве синтетического топлива. Если все объявленные проекты будут введены в эксплуатацию к 2030 г., то возможно будет достижение примерно половины уровня использования  $CO_2$  для производства синтетического топлива, предусмотренного в сценарии «Чистые нулевые выбросы к 2050 году». Кроме того, согласно сценарию чистых нулевых выбросов, весь получаемый  $CO_2$  должен будет поступать из воздуха или биогенных источников для обеспечения топливных мощностей к 2030 г., что в настоящее время соответствует примерно 4 млн т  $CO_2$  в год [Никитина, 2019].

По данным Межправительственной группы экспертов Организации Объединенных Наций по изменению климата (МГЭИК), достижение нулевых целей больше невозможно без сокращения значительного уровня выбросов  $CO_2$  в окружающую среду. Технологии снижения уровня выбросов, утилизации и хранения углеводорода устраниют существующие выбросы  $CO_2$ , обеспечивая их безопасность и эффективность и в дальнейшем предоставляя возможности для использования в будущих проектах. Эти инновационные технологии играют важную роль в дости-

жении целей энергетической отрасли по сокращению выбросов и превращению углеводородных отходов в продукты с высокой добавленной стоимостью.

Технологии снижения уровня выбросов, утилизации и хранения углеводорода используются для сокращения выбросов тяжелой промышленности и использования  $CO_2$  при создании долгостоящих продуктов, таких как строительные материалы и топливо [Окороков, 2019].

Сокращение уровня выбросов углеводорода включает такие методы, как предварительное сжигание, дожигание и кислородное сжигание для сокращения изначального уровня углеводорода в промышленных выбросах.

Утилизация углеводорода означает преобразование углеводорода в необходимые продукты, в первую очередь посредством катализа.

Хранение углеводорода предполагает его закачку в геологические формации, такие как солончаковые формации и истощенные резервуары природного газа, для постоянного хранения.

Учитывая глобальный призыв к инициативам по изменению климата, множество государственных стимулов, таких как углеводородные кредиты и проектные гранты, уже действуют, чтобы помочь организациям изучить снижение уровня выбросов, утилизацию и хранение углеводорода как решение для достижения климатических целей [Бушуев, Воронай, 2017].

## Процесс хранения углеводорода

Хранение углеводорода в практических промышленных стадиях в основном зависит от абсорбции, тогда как адсорбция остается на стадии исследований.

### Абсорбция

Абсорбция включает сокращение уровня газообразного  $CO_2$  с помощью жидкого аминного скруббера. Абсорбция жидких аминов является текущим стандартом для энергетической промышленности, поскольку она доступна, хорошо изучена и применяется на практике уже несколько десятилетий. Однако есть такие недостатки, как низкая мощность, недостаточная энергоемкость и неэффективность в процессе сокращения уровня углеводорода. С точки зрения устойчивого развития, абсорбция производит  $CO_2$  для сокращения и хранения углеводорода, что делает его далеко не идеальным долгосрочным решением.

### Адсорбция

В процессе адсорбции молекулы  $CO_2$  захватываются твердой подложкой по механизму, который часто определяется площадью поверхности и наличием диффузионных каналов для доступа к активным поверхностным

участкам. Адсорбция может осуществляться физически, когда поверхность действует как губка и захватывает молекулы  $CO_2$ , или химически, когда  $CO_2$  превращается в химическое вещество в результате реакции [Энергетические технологии и мировое экономическое развитие..., 2010]. Примером химической адсорбции может быть связывание оксида кальция с  $CO_2$  с образованием карбоната кальция.

### *Стимулы для использования технологий для снижения уровня выбросов, утилизации и хранения углеводорода*

Внедрение технологий для снижения уровня выбросов, утилизации и хранения углеводорода в производственные процессы может оказаться сложной задачей, но для стимулирования организаций доступно сочетание краткосрочных и долгосрочных преимуществ.

Повышение нефтеотдачи сейчас является стимулом для энергетических компаний, поскольку технологии и процессы повышения нефтеотдачи хорошо изучены и готовы к внедрению. Повышение нефтеотдачи – это метод, используемый для добычи нефти из истощающихся пластов после того, как первичные и вторичные методы были исчерпаны. Но интенсификация нефтеотдачи пластов имеет ряд недостатков, главным из которых является воздействие на окружающую среду в виде повышенной сейсмической активности. По этой причине использование углеводорода смещается в сторону производства сырья, а не нефти [European green deal, 2020].

Организации, заинтересованные во внедрении технологий снижения уровня выбросов, утилизации и хранения углеводорода в свой рабочий процесс, имеют два основных краткосрочных финансовых стимула для изучения:

- налоговые льготы на выбросы углеводорода, которые компенсируют затраты на сокращение выбросов углеводорода и включают финансовые стимулы для установки технологий улавливания углеводорода;

- государственные гранты направлены на поощрение энергетических компаний к инвестированию в исследовательские и практические проекты по всему миру.

Цель грантов и налоговых льгот – стимулировать компании к исследованию способов экономически эффективного внедрения технологий для снижения уровня выбросов, утилизации и хранения  $CO_2$  и склонить экономический баланс в пользу сокращения уровня выбросов углеводорода. Но долгосрочная цель состоит в том, чтобы найти способы сделать сокращение углеводорода не только экономически целесообразным, но и прибыльным [Экология: нефть и газ, 2009]. Решением является использование  $CO_2$  при производстве других продуктов, таких как сырье и топливо, для превращения углеводородных отходов в прибыльную коммерческую модель.

## Переход к миру с нулевым уровнем выбросов

Переход к миру с нулевыми выбросами открывает инвестиционные возможности, которые к 2050 г. составят почти 200 трлн долл., или почти 7 трлн долл. в год.

Согласно последнему прогнозу *BloombergNEF*, электромобили и низкоуглеводородная энергетика станут крупнейшими рынками для инвесторов, за которыми последуют электросети [*BloombergNEF*, 2022].

Согласно исследовательским отчетам *BloombergNEF*, был смоделирован путь к глобальному чистому нулю к 2050 г. и было определено, что мир может ограничить потепление до 1,77 °С. Для достижения данной цели необходимо к 2030 г. увеличить количество экологически чистых источников энергии в четыре раза в дополнение к крупным инвестициям в сокращение и хранение углеводорода, составив общий объем инвестиций в размере 194,2 трлн долл. (табл. 1).

Таблица 1

**Объем глобальных инвестиций для достижения цели «чистого нуля»,  
трлн долл.**

Показатели	Процентное соотношение	Объем инвестиций
Тепловые насосы	4 %	7,768
Экологичные материалы	5 %	9,71
Процессы использования ископаемого топлива	7 %	13,594
Энергия ископаемого топлива	1 %	1,942
Низкоуглеводородная энергетика	18 %	34,956
Сокращение уровня и хранение углеводорода	5 %	9,71
Сети	11 %	21,362
Сокращение уровня и хранение углеводорода без энергии	1 %	1,942
Углеводород	1 %	1,942
Продажа электромобилей	47 %	91,274

Источник: *BloombergNEF* 2022

Существует два возможных сценария достижения нулевого уровня выбросов  $CO_2$ :

– сценарий экономического перехода, который не предполагает никаких новых политических действий;

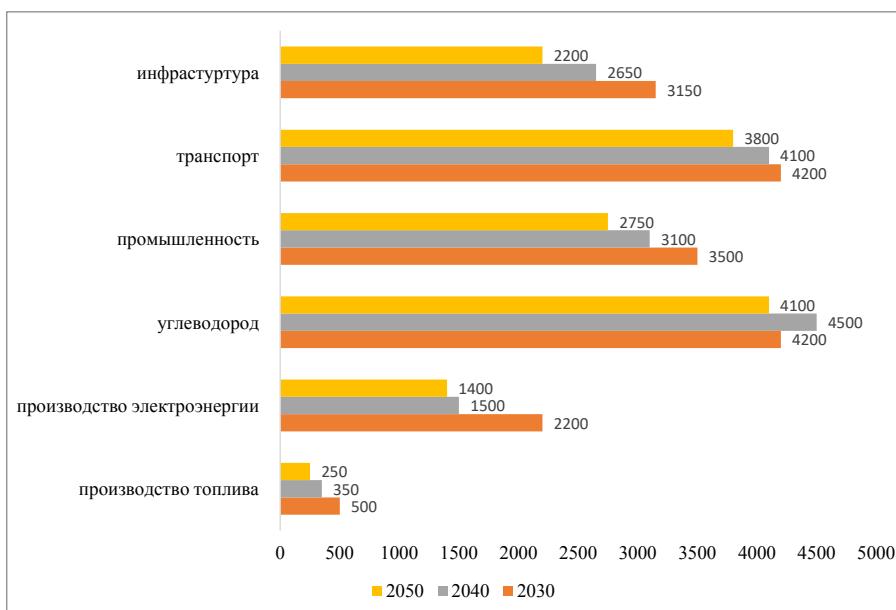
— сценарий *Net Zero*, который предполагает глобальные чистые нулевые выбросы к 2050 г.

Сценарий экономического перехода требует удвоения ежегодных инвестиций с уровня 2021 г. в 2 трлн долл. в год до 4 трлн долл., в то время как сценарий *Net Zero* требует увеличения ежегодных инвестиций более чем в три раза, до 6,7 трлн долл. в год.

Инфраструктура транспортировки и хранения  $CO_2$  является основой индустрии управления выбросами углеводорода. Запланированные мощности по транспортировке и хранению  $CO_2$  резко выросли в прошлом году: с января 2022 г. было объявлено о новых ежегодных мощностях хранения более 370 млн т  $CO_2$  с аналогичными мощностями для инфраструктуры. С учетом существующего портфеля проектов мощность выделенных хранилищ  $CO_2$  может достичь более 420 млн т  $CO_2$  в год к 2030 г., в результате чего баланс между выделенными хранилищами  $CO_2$  и запланированным спросом, основанным на мощностях сокращения уровня  $CO_2$  на 2030 г., выровняется во всем мире. Данный позитивный прогноз свидетельствует об улучшении рыночных условий, обусловленном главным образом реализацией политики и скоординированным выравниванием цепочки создания стоимости операторами. Однако этого недостаточно для достижения к 2030 г. уровня около 1,2 млрд т  $CO_2$  в год, предусмотренного сценарием чистых нулевых выбросов.

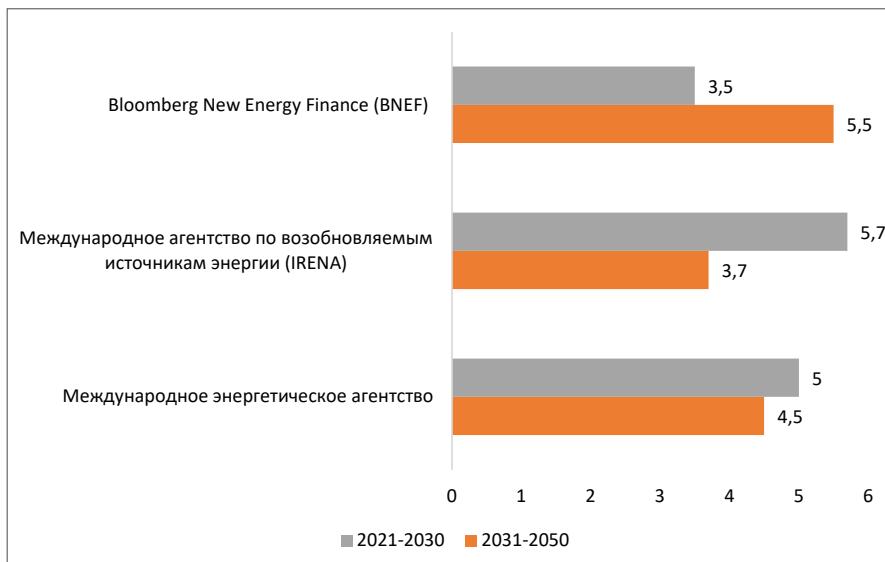
По данным Международного энергетического агентства, глобальные инвестиции в энергетику в настоящее время составляют около 2 трлн долл. в год, или 2,5 % мирового ВВП. Согласно недавно разработанному им наглядному сценарию, этот показатель должен вырасти до 5 трлн долл., или 4,5 % мирового ВВП к 2030 г. и оставаться на этом уровне как минимум до 2050 г., чтобы достичь нулевых выбросов  $CO_2$  (рис. 1). Большая часть этих средств будет потрачена на производство электроэнергии и инфраструктуру, чтобы электрифицировать новые сектора экономики и сделать электроэнергетическую систему более подходящей для гораздо больших объемов возобновляемой энергии [*How much investment do we need to reach net zero, 2021*].

Другие пути «чистого нуля» указывают на аналогичные порядки величины (рис. 2). Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) перераспределяет необходимые инвестиции на текущее десятилетие, в результате чего инвестиции составят 5,7 трлн долл. в год до 2030 г. при условии дальнейшего сокращения. Согласно аналитическим данным Bloomberg (BNEF), средние потребности в инвестициях оцениваются в размере от 3,1 трлн до 5,8 трлн долл. в год до 2050 г. [*Global Oil and Gas Transactions Review, 2021*].



**Рис. 1.** Среднегодовые глобальные капитальные вложения для достижения нулевых выбросов CO<sub>2</sub> к 2050 г., млрд долл.

Источник: Доклад Международного энергетического агентства, 2021



**Рис. 2.** Среднегодовые глобальные потребности в инвестициях для достижения нулевых выбросов CO<sub>2</sub> в энергетике к 2050 г. (трлн долл.)

Источник: Доклад компании Ernst & Young 2021

В ЕС, по оценкам Европейской комиссии, достижение климатической цели к 2030 г. потребует дополнительных ежегодных инвестиций в среднем в размере 360 млрд евро начиная с настоящего момента. Это увеличит соответствующие инвестиции в среднем с 683 млрд евро в год за последнее десятилетие до примерно 1 трлн евро в год. Примерно треть дополнительных инвестиций приходится на транспорт, который на сегодняшний день является крупнейшим компонентом из-за необходимости замены крупных транспортных средств [End of an era, 2013].

### Колебания глобальных показателей выбросов $CO_2$

В 2021 г. крупнейшими в мире странами – производителями выбросов  $CO_2$  стали Китай, США, 27 стран ЕС, Индия, Россия и Япония. В совокупности на них приходилось 49,2 % мирового населения, 62,4 % мирового валового внутреннего продукта, 66,4 % мирового потребления ископаемого топлива и 67,8 % мировых выбросов  $CO_2$  от ископаемого топлива. Все шесть стран увеличили выбросы  $CO_2$  от ископаемого топлива в 2021 г. по сравнению с 2020 г., причем наибольший рост в относительном выражении наблюдался в Индии и России (10,5 и 8,1 % соответственно) [ $CO_2$  emissions of all world countries, 2022].

Среди 16 стран с основными выбросами  $CO_2$ , на долю которых приходится более 1 % мировых выбросов  $CO_2$ , семь стран (Китай, Индия, Россия, Иран, Саудовская Аравия, Бразилия и Турция) имеют более высокие выбросы  $CO_2$  в 2021 г., чем в 2019 г., при этом Турция демонстрирует самый высокий показатель двухлетнего прироста (+7,9 %) [IFC, 2021].

Для сравнения: 27 стран ЕС, а также США, Япония, Южная Корея, Индонезия, Канада, Южная Африка, Мексика и Австралия в 2021 г. выработали меньше выбросов, чем в 2019 г., при этом Мексика продемонстрировала наибольшее двухгодичное снижение (–13 %) [ $CO_2$  emissions of all world countries, 2022].

В 2020 г., несмотря на значительное снижение ВВП, наблюдаемое в большинстве стран мира, глобальные выбросы ископаемого  $CO_2$  на единицу ВВП продолжили тенденцию к снижению. Напротив, в 2021 г. в некоторых странах увеличение ВВП привело к увеличению выбросов  $CO_2$  на единицу ВВП (+1,1 % в ЕС, +0,7 % в США, +1,5 % в Индии, +3,1 % в России и +1,1 % в Японии). В странах ЕС общие выбросы ископаемого топлива увеличились на 6,5 % (0,17 Гт) в 2021 г. в сравнении с показателями 2020 г. [ $CO_2$  emissions of all world countries, 2022].

В долгосрочной перспективе выбросы ископаемого  $CO_2$  в странах ЕС следовали тенденции к снижению на протяжении последних двух десятилетий и в 2021 г. составили 2,78 Гт, т. е. на 27,4 % ниже уровня показателей 1990 г. Доля стран ЕС в глобальных выбросах также снизилась за последние годы – с 16,8 % в 1990 г. до 8,5 % в 2015 г. и 7,3 % в 2021 г. [Statistics Division..., 2022].

Глобальные выбросы  $CO_2$ , связанные с энергетической промышленностью, выросли на 0,9 %, или 321 Мт в 2022 г., превысив 36,8 Гт. После двух лет исключительных колебаний в энергопотреблении и выбросах, частично вызванных пандемией *COVID-19*, прошлогодний рост был намного медленнее в сравнении с 2021 г., составив чуть более 6 %. Выбросы от сжигания энергии увеличились на 423 Мт, а выбросы от промышленных процессов сократились на 102 Мт [*Urea consumption and production statistics, 2022*].

В 2022 г., отмеченном скачками цен на энергоносители, ростом инфляции и нарушениями традиционных потоков торговли топливом, глобальный рост выбросов оказался ниже, чем ожидалось, несмотря на переход с газа на уголь во многих странах. Более широкое внедрение экологически чистых энергетических технологий, таких как возобновляемые источники энергии, электромобили и тепловые насосы, помогло предотвратить дополнительные 550 млн т выбросов  $CO_2$ . Сокращение промышленного производства, особенно в Китае и Европе, также предотвратило дополнительные выбросы.

Рост показателя выбросов  $CO_2$  в 2022 г. был значительно ниже роста мирового ВВП, составившего 3,2 %, вернувшись к десятилетней тенденции разделения выбросов и экономического роста, которая была нарушена резким восстановлением выбросов в 2021 г. Улучшение интенсивности использования энергии в отношении выбросов  $CO_2$  было немного медленнее, чем в среднем за последнее десятилетие. Выбросы природного газа сократились в Европе на 13,5 % и в Азиатско-Тихоокеанском регионе на 1,8 %.

Увеличение выбросов от угля более чем компенсирует сокращение выбросов от природного газа. На фоне волны перехода от газа на уголь во время глобального энергетического кризиса выбросы  $CO_2$  от угля выросли на 1,6 %, или 243 млн т, что намного превышает средние темпы роста за последнее десятилетие и достигает нового рекордного максимума почти в 15,5 Гт [*Urea consumption and production statistics, 2022*].

Выбросы от нефти выросли даже больше, чем выбросы от угля, увеличившись на 2,5 %, или 268 Мт, достигнув 11,2 Гт. Около половины прироста пришлось на авиацию, поскольку авиаперевозки продолжали восстанавливаться после пандемического минимума, приблизившись к 80 % от уровня 2019 г. Смягчая этот рост, электромобили продолжали набирать обороты в 2022 г.: было продано более 10 млн автомобилей, что превышает уровень мировых продаж автомобилей на 14 % за предыдущий год.

Наибольшее отраслевое увеличение выбросов в 2022 г. произошло за счет производства электроэнергии и тепла, выбросы которого выросли на 1,8 %, или 261 млн т, в развивающихся странах Азии.

Активное развитие возобновляемых источников энергии ограничило восстановление выбросов угольной энергетики. Возобновляемые источники энергии обеспечили 90 % мирового роста производства электроэнергии

в прошлом году. Производство солнечных фотоэлектрических и ветровых электростанций увеличилось примерно на 275 ТВт·ч, что стало новым годовым рекордом.

Выбросы промышленности в прошлом году сократились на 1,7 %, до 9,2 Гт, в то время как в нескольких регионах наблюдалось сокращение производства. Глобальный спад был в основном обусловлен сокращением выбросов  $CO_2$  в промышленности Китая на 161 млн т, что отражает 10%-ное снижение производства цемента и 2%-ное снижение производства стали.

В 2022 г. выбросы Китая оставались относительно стабильными, снизившись на 23 млн т, или 0,2 %. Рост выбросов от сжигания был компенсирован сокращением выбросов в результате промышленных процессов. Слабый экономический рост, снижение строительной активности и строгие меры по борьбе с *COVID-19* привели к сокращению промышленных и транспортных выбросов. Рост выбросов в энергетическом секторе замедлился по сравнению со средним показателем за последнее десятилетие, достигнув 2,6 % [*International Energy Agency*, 2022].

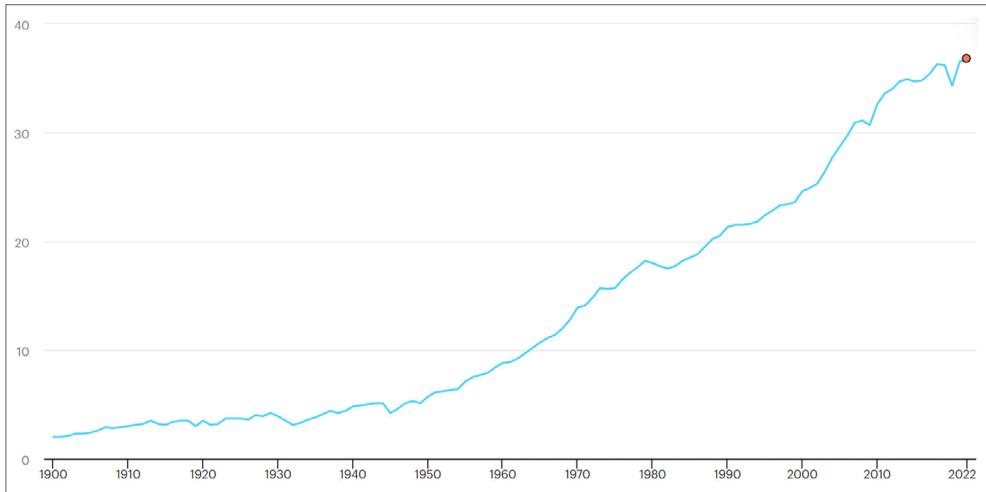
В Европейском союзе выбросы  $CO_2$  сократились на 2,5 %, или на 70 млн т, несмотря на перебои на рынках нефти и газа, дефицит гидроэнергии из-за засухи и выход из строя многочисленных атомных электростанций. Выбросы в строительном секторе заметно сократились, чему способствовала мягкая зима. Хотя выбросы в энергетическом секторе увеличились на 3,4 %, так как использование угля оказалось не таким высоким, как ожидалось. Впервые общее производство ветровой и солнечной электроэнергии превысило производство электроэнергии, полученной от газа или атомной энергии [*European Commission*, 2022].

Выбросы в США выросли на 0,8 %, или 36 млн т. Самый высокий рост выбросов наблюдался в строительном секторе, что было вызвано экстремальными температурами. Основное сокращение выбросов произошло за счет производства электроэнергии и тепла, благодаря беспрецедентному увеличению солнечной фотоэлектрической и ветровой энергии, а также переходу от угольной к газовой энергетике. В то время как многие другие страны сократили потребление природного газа, в Соединенных Штатах выбросы  $CO_2$ , полученного путем использования газа, увеличились на 89 млн т, поскольку они были призваны удовлетворить пиковый спрос на электроэнергию во время летней жары [*International Energy Agency*, 2021].

Выбросы стран Азии с формирующимся рынком, а также развивающихся стран, за исключением Китая, выросли в 2022 г. больше, чем выбросы в любом другом регионе, увеличившись на 4,2 %, или 206 млн т  $CO_2$ . Более половины прироста выбросов в регионе приходится на угольную энергетику.

Глобальные выбросы углекислого газа ( $CO_2$ ) в результате сжигания энергии и промышленных процессов выросли на 0,9 %, или 321 млн т, в 2022 г. достигнув нового исторического максимума в 36,8 Гт (рис. 3). Эта оценка

основана на детальном анализе МЭА по регионам и видам топлива, включающем новейшую официальную национальную статистику и общедоступные данные об использовании энергии, экономических показателях и о погоде [International Energy Agency, 2021].



**Рис. 3.** Глобальные выбросы  $\text{CO}_2$  в результате сжигания энергии и промышленных процессов, 1900–2022 гг. (Гт)

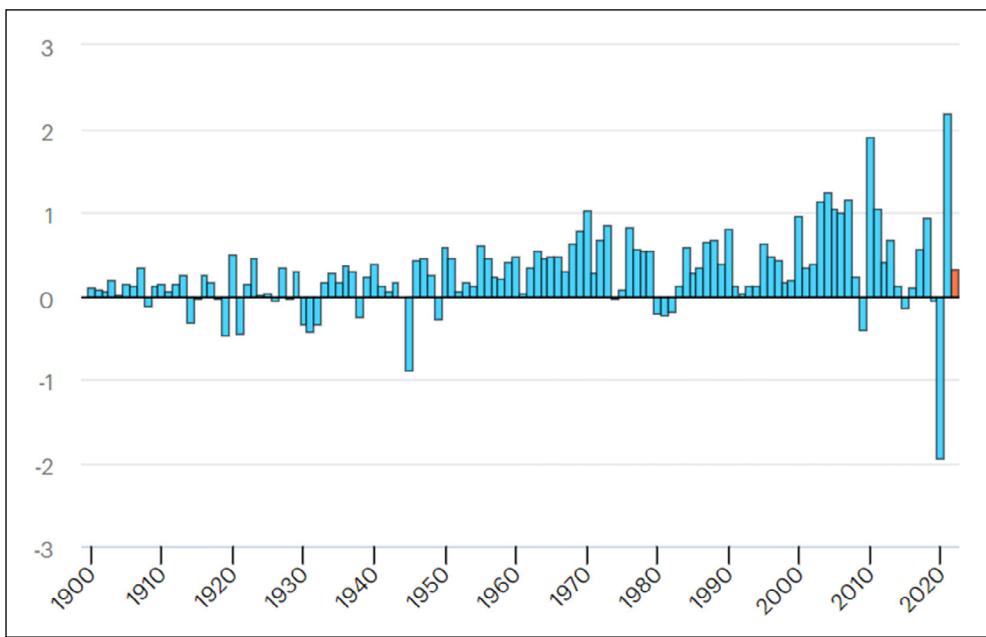
Источник: Доклад Международного энергетического агентства, 2023

В 2020 г. выбросы сократились более чем на 5 %, поскольку пандемия *COVID-19* сократила спрос на энергию. В 2021 г. выбросы превысили допандемический уровень, увеличившись более чем на 6 % одновременно с экономическим стимулированием (рис. 4).

Выбросы  $\text{CO}_2$  от сжигания энергии выросли примерно на 1,3 %, или 423 млн т, в 2022 г., в то время как выбросы  $\text{CO}_2$  от промышленных процессов сократились на 102 млн т. Рост выбросов в 2022 г. был ниже роста мирового ВВП (+3,2 %), вернувшись к многолетней тенденции выбросов и экономического роста, которая была нарушена в 2021 г. Между тем улучшение интенсивности использования энергии  $\text{CO}_2$  было немного медленнее, чем в среднем за последнее десятилетие (2012–2021 гг.).

#### Программа Net Zero к 2050 г.: дорожная карта для глобального энергетического сектора

Исходя из обычной тенденции прогнозируется, что глобальные выбросы углекислого газа увеличатся примерно до 43,08 млрд метрических тонн в 2050 г. по сравнению с 35,3 млрд метрических тонн углекислого газа в 2018 г. Выбросы углекислого газа достигли своего самого высокого уровня в 2018 г. из-за ускоренного развития экономики и экстремальных погодных условий.



**Рис. 4.** Годовое изменение глобальных выбросов  $\text{CO}_2$  от сжигания энергии и промышленных процессов, 1900–2022 гг. (Гт)

Источник: Доклад Международного энергетического агентства, 2023

Программа *Net Zero* – это согласованная на международном уровне цель по смягчению последствий глобального потепления во второй половине столетия. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) пришла к выводу, что чистый нулевой уровень выбросов  $\text{CO}_2$  к 2050 г. должен оставаться на уровне 1,5 °С.

По оценкам ученых, к 2050 г. необходимо будет ежегодно сокращать уровень  $\text{CO}_2$  до 10 Гт, а к 2100 г. удвоить сокращение уровня  $\text{CO}_2$ , составив 20 Гт в год.

Превращение чистых нулевых выбросов в реальность зависит от единого и непоколебимого внимания всех правительств – совместной работы друг с другом, а также с предприятиями, инвесторами и гражданами. Широкомасштабные меры, принятые правительствами на всех уровнях в рамках пути к нулевому результату, помогают формировать, влиять и стимулировать инвестиции предприятий. Сюда входит то, как энергетические компании инвестируют в новые способы производства и предоставления энергетических услуг, а также как предприятия инвестируют в оборудование и как потребители охлаждают и обогревают свои дома.

В основе всех этих изменений лежат политические решения, принимаемые правительствами. Разработка экономически эффективных националь-

ных и региональных планов *Net Zero* требует сотрудничества между всеми органами правительства, которое разрушает разрозненность и интегрирует энергетику в политику каждой страны в области финансов, труда, налогообложения, транспорта и промышленности. Министерства энергетики или охраны окружающей среды сами по себе не могут осуществить политические действия, необходимые для достижения чистого нуля к 2050 г. [International Energy Agency, 2021].

Изменения в потреблении энергии приводят к значительному снижению поступлений от налогов на ископаемое топливо. Сегодня во многих странах налоги на потребление дизельного топлива, бензина и другого ископаемого топлива являются важным источником государственных доходов, в некоторых случаях обеспечивая до 10 %. В рамках нулевого пути налоговые поступления от розничных продаж нефти и газа снизятся примерно на 40 % в период с 2020 по 2030 г. Управление этим снижением потребует долгосрочного бюджетного планирования и бюджетных реформ.

Путь достижения уровня *Net Zero* опирается на беспрецедентное международное сотрудничество между правительствами, особенно в области инноваций и инвестиций. Это вопрос не только участия всех стран в усилиях по достижению цели «чистого нуля», но и совместной работы всех стран эффективным и взаимовыгодным образом. Достижение нулевых выбросов будет чрезвычайно сложной задачей для всех стран, но эти задачи являются самыми сложными, решения труднее всего найти в странах с низкими доходами, а техническая и финансовая поддержка будет иметь важное значение для обеспечения раннего этапа внедрения ключевых технологий и инфраструктуры по смягчению последствий во многих из этих стран. Без международного сотрудничества выбросы не сократятся до нуля к 2050 г. [World Energy Transitions Outlook, 2021].

Есть четыре аспекта международного сотрудничества, которые особенно важны.

#### *Сигналы международного спроса и эффект масштаба*

Международное сотрудничество имело решающее значение для снижения затрат, наблюдавшегося в прошлом для многих ключевых энергетических технологий. Это может ускорить передачу знаний и способствовать экономии за счет масштаба. Это также может помочь согласовать создание нового спроса на экологически чистые энергетические технологии и топливо в одном регионе, а также развитие предложения в других регионах. Эти выгоды необходимо сопоставить с важностью создания внутренних рабочих мест и промышленного потенциала, а также обеспечения устойчивости цепочки поставок.

#### *Управление торговлей и конкурентоспособностью*

Отрасли промышленности, работающие в ряде стран, нуждаются в стандартизации для обеспечения функциональной совместимости. Прогресс

в области инноваций и внедрения экологически чистых энергетических технологий в таких секторах, как тяжелая промышленность, в прошлом тормозился из-за нескоординированной национальной политики и отсутствия согласованных на международном уровне стандартов. Разработка таких стандартов могла бы ускорить разработку и внедрение энергетических технологий.

### *Инновации, демонстрация и распространение*

Исследования, разработки и патентование чистой энергии в настоящее время сосредоточены в нескольких местах: на долю США, Европы, Японии, Кореи и Китая в 2014–2018 гг. пришлось более 90 % патентов на чистую энергию. Прогресс на пути к нулевым выбросам будет увеличен за счет быстрого распространения опыта и знаний в области чистых энергетических технологий в странах, которые не участвуют в их первоначальном развитии, а также за счет финансирования первых в своем роде демонстрационных проектов в странах с формирующимся рынком. Международные программы финансирования проектов, особенно в секторах, где технологии велики и сложны, ускорят инновационный процесс.

### *Программы сокращения выбросов углекислого газа*

Для финансирования и сертификации этих программ необходимо международное сотрудничество для максимально эффективного использования потенциала возобновляемых источников энергии. Международные механизмы торговли выбросами могли бы сыграть роль в компенсации выбросов в некоторых секторах или регионах с отрицательными выбросами, хотя любые такие механизмы потребуют высокой степени координации для обеспечения функционирования и целостности рынка [*Trend in Global CO<sub>2</sub> and GHG Emissions, 2022*].

Эти результаты подчеркивают важность укрепления международного сотрудничества для правительства. Необходим сильный толчок для ускорения инноваций и демонстрации ключевых технологий, особенно сложных технологий в странах с формирующимся рынком и развивающихся странах, где затраты на уникальные проекты, как правило, выше, а также для решения проблем, связанных с международной торговлей и конкурентоспособностью.

### **Выводы**

Растущий интерес к технологиям конверсии CO<sub>2</sub> отражается в растущем объеме частного и государственного финансирования деятельности компаний в этой области. Корпоративные цели и квоты на топливо и материалы с низким уровнем выбросов способствуют увеличению использования CO<sub>2</sub>

для производства экологически чистого авиационного топлива и строительных материалов.

В 2022 г. глобальные венчурные инвестиции в компании по утилизации достигли почти 500 млн долл., что составляет около 20 % от общего объема венчурных инвестиций. Американские компании доминируют в инвестициях, на их долю приходится около 80 % совокупного объема инвестиций в период 2015–2022 гг. [End of an era, 2013].

Учитывая вышеуказанное, были сделаны следующие выводы для снижения уровня выбросов, утилизации и хранения углеводорода:

- поддержание и улучшение количественной оценки приложений использования  $CO_2$  и их преимуществ для климата является необходимым фактором в целях снижения уровня выбросов, утилизации и хранения углеводорода;
- выявление и реализация ранних рыночных возможностей использования  $CO_2$ , которые являются масштабируемыми, коммерчески осуществимыми и могут обеспечить сокращение выбросов;
- внедрение руководящих принципов государственных закупок продукции с низким уровнем выбросов;
- содействие многолетним испытаниям и адаптация норм и стандартов для строительной инфраструктуры;
- расширение и укрепление международного сотрудничества для правительств;
- инвестиции в инновационные разработки и НИОКР в целях расширения применения углеводорода.

### Список литературы

- Бушуев В. В., Воропай Н. И.,* 2017. Энергетический фактор в структуре национальной безопасности России // Энергетическая политика. № 1. С. 19–26.
- Гриценко А. И.,* 2009. Экология: нефть и газ / А. И. Гриценко, В. М. Максимов, Р. О. Самсонов, Г. С. Акопова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ИКЦ «Академкнига». 680 с.
- Никитина А.,* 2019. ВР: прогноз развития мировой энергетики 2035 // Нефтегазовая Вертикаль. № 6. С. 8–13 // <https://www.ngv.ru/upload/iblock/652/6521abdc4a60666c8498210b9efa4512.pdf>, дата обращения 15.11.2023.
- Окороков В. Р.,* 2019. Состояние мирового ТЭК в первом десятилетии XXI столетия // Академия энергетики. № 2 (52). С. 12–21.
- Федоров М. П.,* 2010. Энергетические технологии и мировое экономическое развитие: прошлое, настоящее, будущее / М. П. Федоров, В. Р. Окороков, Р. В. Окороков. СПб.: Наука, 412 с.

*Olivier, J. G. J., Peters, J. A. H. W.,* 2022. Trend in Global CO<sub>2</sub> and GHG Emissions – 2022 Report. PBL Report // <https://www.pbl.nl/en>, дата обращения 06.12.2023.

*Wolff G. B., Tagliapietra S., Lenaerts K.,* 2021. How much investment do we need to reach net zero? // <http://surl.li/ptjry>, дата обращения 14.11.2023.

BloombergNEF. The \$7 Trillion a Year Needed to Hit Net-Zero Goal 2022 // <http://surl.li/ptjsf>, дата обращения 14.11.2023.

CO2 emissions of all world countries, 2022. EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research // [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2022](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2022), дата обращения 05.12.2023.

End of an era: The death of peak oil. An Energy Revolution, American-Style, 2013. The Boston Company Asset Management // [www.thebostoncompany.com//Feb13\\_Death\\_of\\_Peak\\_Oil.pdf](http://www.thebostoncompany.com//Feb13_Death_of_Peak_Oil.pdf), дата обращения 12.11.2023.

European green deal. European commission // [https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN\\_Reports/ESDN\\_Report\\_2\\_2020.pdf](https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN_Reports/ESDN_Report_2_2020.pdf), дата обращения 13.11.2023.

Global Oil and Gas Transactions Review, 2021. Ernst & Young // <http://surl.li/ptnvd>, дата обращения 14.11.2023.

Resources to Reserves – Oil and Gas Technologies for the Energy Markets of the Future. 2021. International Energy Agency // <https://clck.ru/38BADu>, дата обращения 14.11.2023.

Resources to Reserves – Oil and Gas Technologies for the Energy Markets of the Future. 2022. International Energy Agency // <https://clck.ru/38BAMr>, дата обращения 14.11.2023.

Statistics Division of the Food and Agricultural Organization of the UN. 2022. FAOSTAT // [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat), дата обращения 06.12.2023.

Urea consumption (updates 2010 – 2019) and production (updates 2020) statistics. 2022. IFA // [www.ifastat.org/](http://www.ifastat.org/), дата обращения 05.12.2023.

World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway, 2021. IRENA // <http://surl.li/ptmty>, дата обращения 06.12.2023.

**MAMMADOV Turan U.**, Ph. D. student, National University of Oil and Gas «Gubkin University»

**Address:** 65, Leninsky Prospect, Moscow, 119991, Russian Federation.

**E-mail:** turan\_mamadov@mail.ru

**ORCID:** 0009-0000-9357-8650

**MAMMADZADE Parvin U.**, Ph. D. (Economic Sciences), Moscow State University of International Relation under of MFA of the Russian Federation.

**Address:** 76, Vernadsky Prospect, Moscow, 119454, Russian Federation.

**E-mail:** pmamedzade@gmail.com

**SPIN-code:** 8153-0099

**ORCID:** 0000-0002-8089-0028

## THE ROLE OF THE CLEAN ENERGY TRANSITION IN GLOBAL PRACTICE: EMISSION REDUCTION, UTILIZATION AND STORAGE OF HYDROCARBON

**DOI:** 10.48137/26870703\_2023\_24\_4\_143

**Received:** 15.12.2023

**For citation:** Mammadov T. U., Mammadzade P. U., 2023. The Role of the Transition to Clean Energy in World Practice: Emission Reduction, Utilization and Storage of Hydrocarbons. – Geoeconomics of Energetics. № 4 (24). P. 143–161. DOI: 10.48137/26870703\_2023\_24\_4\_143

**Keywords:** recycling, hydrocarbon, emissions, greenhouse gases, global warming, transportation.

### Abstract

The energy sector is the largest source of greenhouse gas emissions into the atmosphere, contributing to climate change. In turn, climate change can disrupt energy networks themselves, strain infrastructure and create security risks for people.

Producing electricity and heat by burning fossil fuels – coal, oil or gas – produces large amounts of greenhouse gases, such as carbon dioxide and nitrous oxide, which blanket the Earth and trap the sun's heat.

Carbon abatement, utilization, and storage involve reducing carbon dioxide levels, typically at large single-point sources such as power plants or industrial facilities that use fossil fuels or biomass as fuel. If the resulting CO<sub>2</sub> is not used on-site, it is compressed and transported by pipeline, ship, rail, or truck for use in a variety of applications, or injected into deep geologic formations such as depleted oil and gas reservoirs and saline aquifers.

Hydrocarbon abatement, utilization and storage can be retrofitted into existing power plants and industrial plants, allowing them to operate continuously. Companies,

through restructuring, can address hydrocarbon emissions in sectors that are difficult to reduce capacity, especially in sectors such as cement, steel or chemicals. Reducing emissions, utilization and storage of hydrocarbon can balance emissions that are impossible or technically difficult to reduce.

## References

- Bushuev V. V., Voropai N. I.*, 2017. The energy factor in the structure of Russia's national security // Energy Policy. No. 1. Pp. 19–26.
- Gritsenko A. I.*, 2009. Ecology: oil and gas / A. I. Gritsenko, V. M. Maksimov, R. O. Samsonov, G.S. Akopova. 2nd ed., reprint. and additional. M.: ICTS «Akademkniga», 680 p.
- Nikitina A.*, 2019. BP: forecast of world energy development 2035 // Oil and gas Vertical, No. 6. Pp. 8–13 // <https://www.ngv.ru/upload/iblock/652/6521abdc4a60666c8498210b9efa4512.pdf>, accessed 15.11.2023.
- Okorokov V. R.*, 2019. The state of the global fuel and energy sector in the first decade of the XXI century. // Academy of Energy. No. 2 (52). Pp. 12–21.
- Fedorov M. P.*, 2010. Energy technologies and world economic development: past, present, future / M. P. Fedorov, V. R. Okorokov, R. V. Okorokov. St. Petersburg: Nauka, 412 p.
- Olivier J. G. J., Peters J. A. H. W.*, 2022. Trend in Global CO<sub>2</sub> and GHG Emissions – 2022 Report. PBL Report // <https://www.pbl.nl/en>, accessed 06.12.2023.
- Wolff G. B., Tagliapietra S., Lenaerts K.*, 2021. How much investment do we need to reach net zero? // <http://surl.li/ptjry>, accessed 14.11.2023.
- BloombergNEF. The \$7 Trillion a Year Needed to Hit Net-Zero Goal 2022 // <http://surl.li/ptjsf>, accessed 14.11.2023.
- CO<sub>2</sub> emissions of all world countries, 2022. EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research // [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2022](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2022), accessed 05.12.2023.
- End of an era: The death of peak oil. An Energy Revolution, American-Style, 2013. The Boston Company Asset Management // [www.thebostoncompany.com//Feb13\\_Death\\_of\\_Peak\\_Oil.pdf](http://www.thebostoncompany.com//Feb13_Death_of_Peak_Oil.pdf), accessed 12.11.2023.
- European green deal. European commission // [https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN\\_Reports/ESDN\\_Report\\_2\\_2020.pdf](https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN_Reports/ESDN_Report_2_2020.pdf), accessed 13.11.2023.
- Global Oil and Gas Transactions Review, 2021. Ernst & Young // <http://surl.li/ptnvd>, accessed 14.11.2023.
- Resources to Reserves – Oil and Gas Technologies for the Energy Markets of the Future. 2021. International Energy Agency // <https://clck.ru/38BADu>, accessed 14.11.2023.

Resources to Reserves – Oil and Gas Technologies for the Energy Markets of the Future. 2022. International Energy Agency // <https://clk.ru/38BAMr>, accessed 14.11.2023.

Statistics Division of the Food and Agricultural Organization of the UN. 2022. FAOSTAT // [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat), accessed 06.12.2023.

Urea consumption (updates 2010 – 2019) and production (updates 2020) statistics. 2022. IFA // [www.ifastat.org/](http://www.ifastat.org/), accessed 05.12.2023.

World Energy Transitions Outlook: 1.5 °C Pathway, 2021. IRENA // <http://surl.li/ptmty>, accessed 06.12.2023.