

Научная статья
УДК 332.024.2
doi: 10.17586/2713-1874-2022-4-21-29

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Илья Александрович Нагайцев^{1✉}, Татьяна Викторовна Петрова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Новокузнецк, Россия

¹ia.nagaitzev@yandex.ru ✉

²ptrvt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5399-9060>

Язык статьи – русский

Аннотация: В настоящее время повсеместно наблюдается интенсивное изменение климатических параметров, которые, как правило, проявляют себя негативно. В будущем эти проявления будут усугубляться, что приведет к необратимым климатическим изменениям. Уже сейчас многие страны и их объединения осознали актуальность борьбы с климатическими изменениями, в частности, спровоцированными выбросами парниковых газов. Для недопущения реализации негативного сценария климатических изменений разрабатываются и реализуются различные технологии снижения выбросов парниковых газов. Настоящему вопросу уделяют большое внимание экономически развитые страны, в основном страны Европейского Союза, и некоторые страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Уже разработаны и реализуются различные технологии снижения выбросов парниковых газов, таких как: углекислый газ (CO₂), метан (CH₄), оксид азота (N₂O), фторсодержащие газы. Для каждого газа предусмотрена своя технология. Наиболее распространенным направлением минимизации выбросов парниковых газов является снижение выбросов углекислого газа (CO₂) за счет развития «зеленой» и низкоуглеродной экономики. В статье рассматриваются основные источники выбросов парниковых газов и существующие технологии их снижения, реализуемые и реализованные проекты в рамках повестки об изменении климата.

Ключевые слова: климатические изменения, низкоуглеродные технологии снижения выбросов парниковых газов, парниковые газы

Ссылка для цитирования: Нагайцев И.А., Петрова Т.В. Направления развития технологий сокращения выбросов парниковых газов для предотвращения климатических изменений // Экономика. Право. Инновации. 2022. № 4. С. 21–29. <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2022-4-21-29>.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF RESOURCE USE AT AGRICULTURAL ENTERPRISES BASED ON VERTICAL FARMING TECHNOLOGY

Ilya A. Nagaytsev^{1✉}, Tatiana V. Petrova²

^{1,2}Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

¹ia.nagaitzev@yandex.ru ✉

²ptrvt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5399-9060>

Article in Russian

Abstract: Currently there is an intensive change in climatic parameters everywhere, which, as a rule, manifest themselves negatively. In the future, these manifestations will worsen, that will lead to irreversible climate changes. Many countries and their associations have realized already the urgency of combating climate change, in particular, caused by greenhouse gas emissions. To prevent the realization of a negative scenario of climate change, various technologies for reducing greenhouse gas emissions are being developed and implemented. Economically developed countries, mainly the countries of the European Union, and some countries of the Asian-Pacific region pay great attention to this issue. Various technologies have already been developed and implemented to reduce greenhouse gas emissions, such as: carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), nitrogen oxide (N₂O), fluorinated gases. Each gas has its own technology. The most common way to minimize greenhouse gas emissions is to reduce carbon dioxide (CO₂) emissions, due to the development of a «green» and low-carbon economy. The article discusses the main sources of greenhouse gas emissions and existing technologies for their reduction, implemented and implemented projects within the framework of the climate change agenda.

Keywords: climate change, greenhouse gases, low-carbon technologies for reducing greenhouse gas emissions

For citation: Nagaytsev I.A., Petrova T.V. Directions of Development of Technologies to Reduce Greenhouse Gas Emissions for Climate Change Prevention. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2022. No. 4. pp. 21–29. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2022-4-21-29>.

Введение. Климатические изменения – вызов для мирового сообщества. Одной из основных причин изменения климата является большое скопление парниковых газов в атмосфере Земли за счет сжигания ископаемых видов топлива и деятельности других отраслей промышленности, связанных с большими выбросами парниковых газов.

Для борьбы с климатическими изменениями мировым сообществом достигнута договоренности по снижению выбросов парниковых газов в ряде наиболее углеродоемких отраслей, таких как: энергетика (сжигание ископаемых видов топлива для производства тепло- и электроэнергии), транспорт (выхлопные газы), выбросы производств, добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство, строительство и эксплуатация зданий и сооружений, лесные пожары, вырубка лесов.

Обзор литературы. С целью научного обоснования этих мероприятий научное сообщество активно занимается изучением всех аспектов проблемы борьбы с климатическими изменениями, в том числе обоснованием технологий снижения выбросов парниковых газов, как с точки зрения их практической реализации, так и с точки зрения обоснования необходимости этих проектов.

В публикации А.С. Холодионовой, А.А. Кулик [1] отмечено, что нефтегазовая отрасль является важнейшей составной частью экономики России и играет ведущую роль в энергетическом переходе к низкоуглеродной экономике. В работе классифицированы выбросы парниковых газов отрасли и мероприятия по их снижению. В статье М. Гайсина, А. Дунаевой [2] авторы рассматривают применение «зеленых» технологий снижения выбросов парниковых газов на объектах «Транснефти». Авторы отмечают, что поставка нефти и нефтепродуктов осуществляется посредством трубопровода, что на 70% снижает углеродный след продукции по сравнению с транспортировкой железнодорожным транспортом. Тепловая энергия генерируется на объектах компании за счет оборудования с КПД до 94%, что снижает

тепловые потери. Еще одно решение для отрасли предлагают авторы С.В. Китаев, О.В. Смородинова [3]. В своей работе они приводят решение по применению мониторинга утечек газа на объектах трубопроводного транспорта, хранения, распределения и переработки природного и нефтяного газа. С помощью специального оборудования возможно сократить утечку выбросов парниковых газов в атмосферу. Для энергетической отрасли многими авторами, в том числе С.В. Беляевым, М.С. Левиной [4], предлагается низкоуглеродная альтернатива ископаемым видам топлива – возобновляемые источники энергии, в частности, биотопливо. Данный вид топлива имеет высокую теплотворную способность, а выбросы парниковых газов от данного вида топлива значительно меньше, чем от ископаемого [4]. Однако несмотря на наличие публикаций в данном направлении, технологии снижения выбросов описываются по отдельным отраслям, а не по выбросам парниковых газов в целом.

Цель исследования. Целью исследования является выявление наиболее эффективных и распространенных направлений развития технологий снижения выбросов парниковых газов.

Методы и материалы исследования. В ходе работы проведен анализ информации, находящейся в открытом доступе: нормативные документы, зарубежная литература и аналитические данные. На основе собранной информации сгруппированы технологии снижения выбросов парниковых газов по источникам их возникновения.

Полученные результаты. В настоящее время уже применяются технологии снижения выбросов парниковых газов (ПГ) в атмосферу, а также разрабатываются новые технологии снижения выбросов ПГ в ряде производств.

Направления развития технологий сокращения выбросов ПГ подразделяются по видам парниковых газов [5]:

- углекислый газ (CO₂);
- метан (CH₄);
- оксид азота (N₂O);

– фторсодержащие газы, такие как перфторуглероды (ПФУ), гидрофторуглероды (ГФУ), гексафторид серы (SF₆), трифторид азота (NF₃).

Выбросы углекислого газа составляют 75% всех выбросов ПГ [6] и являются следствием сжигания ископаемых видов топлива для производства тепло- и электроэнергии, сжигания топлива транспортными средствами (выхлопные газы), выбросов от других производств, сопровождающихся эмиссией углекислого газа.

На выбросы метана приходится 18% всех выбросов ПГ. Источниками выбросов метана являются: естественные – 40% и связанные с деятельностью человека – 60%. На энергетический сектор, включая нефть, природный газ, уголь и биоэнергетику, приходится около 40% выбросов [7].

Оксид азота составляет 4% от всех выбросов ПГ, он образуется в процессе сельскохозяйственной, землепользовательской и промышленной деятельности, сжигании ископаемого топлива и твердых отходов, а также при очистке сточных вод. Применение синтетических и органических удобрений при землепользовании также является причиной выбросов N₂O.

Доля фторсодержащих газов от всего объема парниковых газов составляет не более 2%, они используются как замена озоноразрушающим веществам. Однако влияние фторсодержащих газов на изменение климата намного выше, чем у всех вышеописанных парниковых газов.

Направления развития технологий снижения выбросов углекислого газа (CO₂):

1. Разработка и реализация проектов энергосбережения, повышение энергоэффективности зданий и сооружений при их строительстве и эксплуатации. Более эффективное использование энергии за счет применения передовых технологий в водоснабжении, отоплении, вентиляции, освещении. Например:

– улучшение изоляции зданий и применение эффективного отопления снижают затраты на покупку энергии для обогрева;

– проектирование зданий с условием максимального использования энергии солнца для обогрева и освещения.

В Таблице 1 приведены инициативы некоторых государств, направленные на повышение энергоэффективности зданий.

Таблица 1

Инициативы, направленные на повышение энергоэффективности [8]

Инициатива	Страна	Год начала реализации	Статус
1	2	3	4
Замена газовых котлов на низкоуглеродные системы отопления во всех новых домах	Великобритания	2025	Планируется
Совершенствование минимальных стандартов энергоэффективности (MEPS)	Сингапур	2023	Планируется
Стратегический план на 2021–2027 гг. «Повышение энергоэффективности и сокращение выбросов парниковых газов»	Эстония	2021	Действующий
Кампания по реновации зданий в 2021–2022 гг.	Австрия	2021	Действующий
Программа инвестиций в области климатических инноваций	США	2021	Действующий
Инициатива по модернизации общественных зданий (CVR)	Канада	2021	Действующий

Продолжение Таблицы 1

1	2	3	4
Финансирование программы повышения энергоэффективности зданий компании Merlin Европейским инвестиционным банком в размере 45,2 млн евро	Испания	2022	Планируется
Обновление маркировки энергоэффективности бытовой техники	Бельгия	2021	Действующий
Запрет галогенных лампочек, переход на светодиодные лампы с сентября 2021 года	Великобритания	2021	Действующий

Приведенные в Таблице 1 инициативы стран показывают их заинтересованность в повышении энергоэффективности зданий за счет внедрения разнообразных доступных энергоэффективных технологий.

2. Переход на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) сопровождается производством большего количества энергии за счет

ВИЭ. Ее источниками являются: солнечная энергия, ветряная энергия, гидроэнергия, геотермальная энергия, энергия биомассы, энергия океана, водородная энергия. Распределение производства электроэнергии за 2020–2021 годы от возобновляемых источников энергии по странам представлено на Рисунке 1.

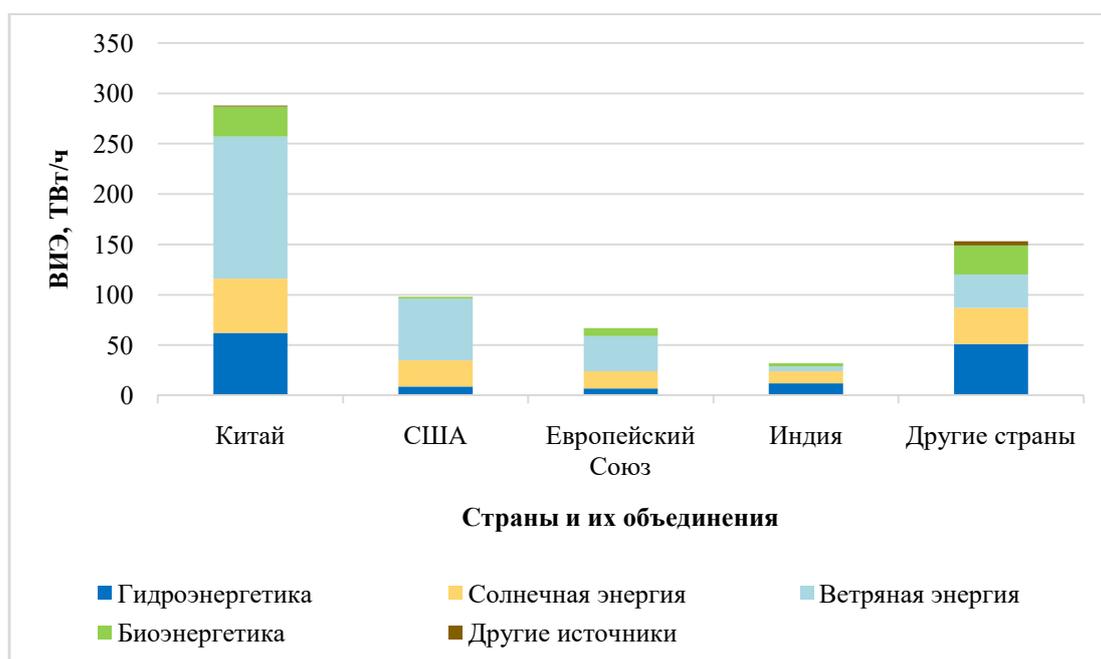


Рисунок 1 – Распределение производства ВИЭ по странам, ТВт/ч, [8]

Из диаграммы следует, что почти половина производства энергии из ВИЭ в мире приходится на Китай.

3. Улавливание и секвестрация углерода (CCUS) – пакет технологий, включающий улавливание CO₂ и его транспортировку для использования в различных целях или захо-

ронения. Началом применения технологии улавливания углерода явился конец 1930-х годов, когда углекислый газ начали использовать для изготовления газированных напитков. Хранение впервые было применено в 1972 году в США в Техасе для закачивания газа в нефтяное месторождение

для повышения нефтеотдачи. В 1996 году в Норвегии применили технологию закачивания углекислого газа в соленый водоносный горизонт под Северным морем с целью утилизации. На использование углекислого газа для повышения нефте-

отдачи скважин и его захоронение приходится более 40 млн тонн CO_2 , ежегодно улавливаемого в мире [9]. Технологическая схема, действующие и разрабатываемые проекты CCUS представлены на Рисунках 2 и 3.

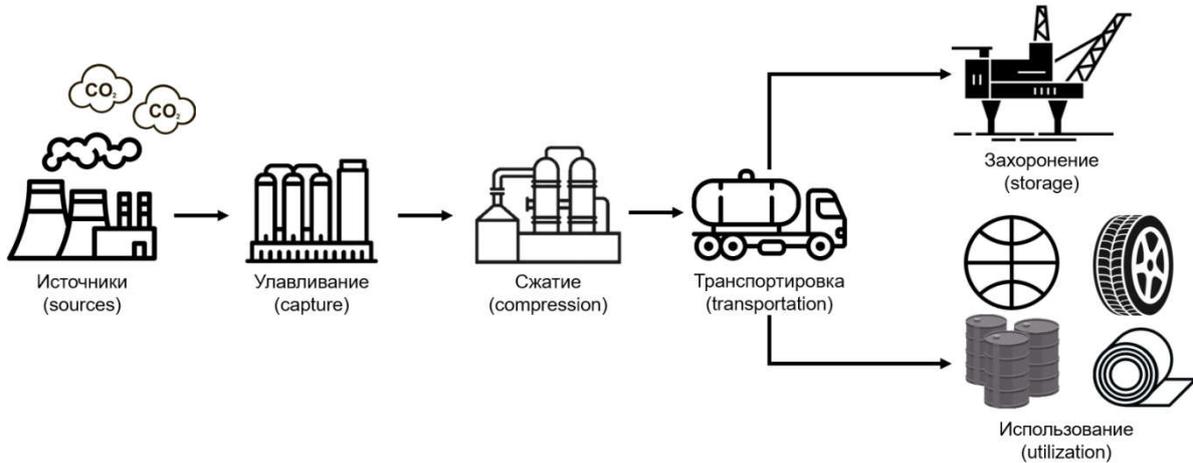


Рисунок 2 – Технологическая схема CCUS [9]



Рисунок 3 – Действующие и прорабатываемые проекты CCUS [9]

Анализируя представленную на диаграмме информацию, можно сделать вывод, что технологии CCUS становятся востребованными в мире, страны и компании готовы инвестировать в

проекты по улавливанию, использованию и захоронению углерода. В Таблице 2 приведены несколько реализуемых и уже реализованных проектов CCUS в мире.

Реализованные и реализуемые проекты CCUS в мире [10]

Компания (страна) / год ввода в эксплуатацию	Отрасль промышленности	Краткое описание
Air Products Steam Methane Reformer (США) / 2013	Производство водорода	Установки для отделения CO ₂ от потока технологического газа. Мощность улавливания углекислого газа составляет около 1 млн тонн в год. Улавливаемый CO ₂ транспортируется на нефтяные месторождения для повышения нефтеотдачи пластов.
Abu Dhabi CCS (ОАЭ) / 2016	Производство чугуна и стали	Первая в мире коммерческая установка CCS в черной металлургии. Производительность улавливания 0,8 млн тонн в год. Улавливаемый CO ₂ транспортируется по трубопроводу в нефтяные резервуары Национальной нефтяной компании Абу-Даби ADNOC для повышения нефтеотдачи пластов.
Alberta Carbon Trunk Line (ACTL) (Канада) / 2020	Нефтепереработка	Углеродная магистральная линия Альберты (ACTL) транспортирует CO ₂ из ряда источников на истощающиеся нефтяные месторождения с целью повышения нефтеотдачи. Мощность улавливания углекислого газа составляет 1,3–1,6 млн тонн CO ₂ в год.
Acorn Hydrogen Commercial CCS (Великобритания) / 2025	Производство водорода	В рамках проекта планируется использовать природный газ Северного моря и перерабатывать его в чистый водород.
Adriatic Blue - ENI Hydrogen CCS (Италия) / 2026	Производство водорода	По проекту Hydrogen CCS планируется улавливать CO ₂ с установки по производству водорода. Транспортировка и хранение CO ₂ будут осуществляться через сеть Adriatic Blue CCS у побережья Равенны, Италия.

В России первый проект CCUS реализуется компаниями Linde и Сибур-Нефтехим. В рамках проекта компания Linde построит и будет эксплуатировать установку по очистке и сжижению двуокси углерода. Полученный в ходе переработки очищенный газ планируется использовать в различных отраслях, включая пищевую промышленность и медицину. По проекту ежегодный объем утилизации составит 25 тыс. т CO₂, а снижение ПГ у Сибур-Нефтехим составит 7% от общего объема выбросов ПГ.

Направления развития технологий снижения выбросов метана (CH₄):

1. Модернизация оборудования в нефтегазовой отрасли, используемого для добычи, хранения и транспортировки нефти и природного газа. Это способствует уменьшению количества утечек. Также газогенерация газа в тепло- и электроэнергию.

Утечки метана и сжигание попутного нефтяного газа составляют до 45% от общего объема выбросов ПГ нефтегазового сектора, поэтому их сокращение является первооче-

редной задачей [11]. Эта тема находится в фокусе внимания нескольких инициатив, в которых предложены подходы по сокращению выбросов ПГ для нефтегазовой отрасли: глобальной Нефтегазовой Климатической Инициативы (OGCI) [12], Глобального Метанового Альянса [13] и Руководящих принципов по метану (Methane Guiding Principles) [14].

2. Применение технологий по улавливанию и утилизации шахтного метана.

Добыча угля подземным способом сопровождается значительным выделением метана из угольных пластов, интенсивность выделения метана зависит от газоносности пластов. В связи с тем, что метан, являясь взрывоопасным газом, несет большую угрозу для жизни работников, для обеспечения безопасности ведения горных работ предусматриваются мероприятия по вентиляции и дегазации. Целью мероприятий является снижение концентрации метана до допустимой для ведения горных работ. Метан, выбрасываемый в атмосферу в процессе вентиляции и дегазации, в большой мере способствует наступлению климатических изменений, т.к. его влияние на изменение климата в 25 раз выше, чем у углекислого газа [15].

Существуют технологии использования метана от процессов дегазации для выработки тепло- и электроэнергии, а также утилизации посредством сжигания на факельных установках. После использования метана или его утилизации образуется углекислый газ, влияние которого на климатические изменения гораздо ниже, чем у метана.

Проекты по утилизации метана с генерацией электроэнергии распространены в угледобывающих странах: Австралия, Китай и США. Например, компания EDL (Австралия) эксплуатирует десять электростанций, работающих на метане из угольных пластов [16].

В России ведущие угледобывающие компании также внедряют на своих производствах технологии по утилизации метана. Например, Распадская угольная компания, которая является одним из крупных международных экспортеров коксующегося угля, использует и внедряет на своих шахтах факельные установки по утилизации метана с 2021 года. Благодаря масштабной экологической программе к 2030 году планируется

сжигать до 75% метана, извлекаемого из шахт компании средствами дегазации.

3. Проектирование и строительство полигонов под твердые отходы с учетом выделения свалочного газа (метана), его улавливания, последующей утилизации путем сжигания и газогенерации в тепло- и электроэнергию или передачи газа напрямую к потребителю после его подготовки. Например, на полигоне North East New Territories (Китай) излишки свалочного газа подготавливаются и доставляются на завод Hong Kong & China Gas (HKCG) для использования в качестве альтернативного источника энергии.

Направления развития технологий снижения выбросов оксида азота (N_2O):

1. Использование органических удобрений или пропорциональное снижение объема азотных удобрений для нужд сельского хозяйства. Например, в Канаде разработан протокол сокращения выбросов оксида азота (NEFR) для управления питанием сельскохозяйственных культур и максимизации урожайности, сокращения выбросов парниковых газов на 25% и соответствия международным стандартам снижения выбросов парниковых газов.

2. Снижение выбросов N_2O при сжигании топлива в транспортных средствах за счет оптимизации технологии сжигания топлива, переход на альтернативные источники энергии в транспортных средствах.

3. Модернизация стационарных установок по сжиганию топлива системами очистки отходящих газов от оксида азота посредством термического окисления. Системы очистки способны утилизировать до 99% выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Например, внедрение установки регенеративного термического окисления для утилизации оксида азота компанией Koole Tankstore Minerals в порту Роттердам в Нидерландах позволило сократить выбросы летучих органических соединений, в том числе оксида азота, на 99,9%.

Направления развития технологий снижения выбросов фторсодержащих газов.

1. Поэтапное сокращение производства и потребления, максимальная утилизация и переход на заменители фторсодержащих га-

зов, используемых в качестве хладагентов в холодильном оборудовании и оборудовании для кондиционирования, аэрозолях, средствах пожаротушения и пенообразования.

2. Оптимизация производства и внедрение систем очистки отходящих газов от фторсодержащих газов путем их утилизации посредством термического окисления.

Заключение. Для недопущения климатических изменений из-за большого скопления выбросов парниковых газов в атмосфере Земли разработаны и внедрены различные технологии снижения выбросов парниковых газов. Наиболее широкое применение получили направления снижения концентрации углекислого газа, на долю которого приходится 75% от общего объема выбросов ПГ. Это – направления, непосредственно связанные со снижением выбросов углекислого газа за счет энергосбережения, перехода на «зеленые» возобновляемые источники энергии, улавливания и секвестрации углерода. Не менее важными являются направления снижения выбросов метана, на которые приходится 18% от всех выбросов ПГ. Это – направления, реализуемые в нефтегазовой и

угледобывающей отраслях, а также на полигонах под твердые отходы. Еще одним из приоритетных направлений развития технологий снижения выбросов ПГ является снижение выбросов оксида азота в сельском хозяйстве, транспортной промышленности и других производствах. На выбросы оксида азота приходится 4% всех выбросов ПГ. Наименее распространенными являются фторсодержащие газы, доля которых не превышает 2%. Развитие технологий по снижению выбросов фторсодержащих парниковых газов направлено на поэтапное сокращение производства и потребления, максимальную утилизацию и переход на заменители фторсодержащих газов, а также на оптимизацию производства и утилизацию газов посредством термического окисления.

Внедрение технологий снижения выбросов парниковых газов во всех секторах промышленности, связанных с большими выбросами ПГ, свидетельствует о заинтересованности мирового сообщества в выполнении своих обязательств в рамках климатической повестки.

Список источников

1. Холодионова А.С., Кулик А.А. Основные аспекты декарбонизации нефтегазовой отрасли России // Экспозиция Нефть Газ. 2022. № 7. С. 102–106.
2. Гайсин М., Дунаева А. Управление выбросами парниковых газов на объектах «Транснефти» // Энергетическая политика. 2022. № 8 (174). С. 42–49.
3. Китаев С.В., Смородинова О.В. Концепция технического регулирования выбросов парниковых газов и борьбы с утечками метана в нефтегазовой отрасли // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2021. № 1. С. 41–45.
4. Беляев С.В., Левина М.С. Проблемы и перспективы получения и применения топлив из биомассы, снижающих выбросы парниковых газов // Resources and technology. 2022. № 3 (19). С. 83–100.
5. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901880645>

References

1. Kholodionova A.S., Kulik A.A. Key Decarbonization Aspects of Russian Petroleum Industry. *Expozicia Neft' Gas*. 2022. No. 7. pp. 102–106. (In Russ.).
2. Gaisin M., Dunaeva A. Greenhouse Gas Emissions Management at Transneft Facilities. *Energeticheskaya Politika*. 2022. No. 8 (174). pp. 42–49. (In Russ.).
3. Kitaev S.V., Smorodinova O.V. Technical Regulation Concept of Greenhouse Gas Emissions and Control of Methane Leaks in the Oil and Gas Industry. *Transport i khraneniye nefteproduktov i uglevodornogo syr'ya*. 2021. No. 1. pp. 41–45. (In Russ.).
4. Belyaev S.V., Levina M.S. Problems and Prospects of Obtaining and Using Fuels From Biomass That Reduce Greenhouse Gas Emissions. *Resources and technology*. 2022. No. 3. pp. 83–100. (In Russ.).
5. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. *Electronic fund of legal and normative-technical documents*. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/901880645> (In Russ.).

6. Изменение климата 2022: смягчение последствий изменения климата. – МГЭИК, 2022. – 2913 с.
7. Глобальный трекер метана 2022 // Международное энергетическое агентство (IEA) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022> (In Eng.).
8. Глобальный энергетический обзор 2021 // Международное энергетическое агентство (IEA). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021> (In Eng.).
9. Global status of CCS 2021 // Global CCS Institute [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ccushub.ogci.com/ccus-basics/state-of-play/> (In Eng.).
10. Отчет об объектах CCUS. 2022 // Global CCS Institute. Официальный вебсайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://co2re.co/FacilityData> (In Eng.).
11. Декарбонизация нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России. – Центр энергетики Московской школы управления Сколково, 2021. – 158 с.
12. Нефтегазовая Климатическая Инициатива (OGCI) // Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ogci.com/> (In Eng.).
13. Глобальный метановый альянс // Climate and Clean Air Coalition [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ccacoalition.org/en/activity/global-methane-alliance> (In Eng.).
14. Руководящие принципы по метану // Methane Guiding Principles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://methaneguidingprinciples.org/> (In Eng.).
15. Распоряжение Правительства РФ от 22.10.2021 № 2979-р // СПС «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
16. Производитель устойчивой энергии. Австралия // EDL. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edlenergy.com/who-we-are/> (In Eng.).
6. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. IPCC. 2022. 2913 p.
7. Global Methane Tracker 2022. *International Energy Agency (IEA)*. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022>
8. Global Energy Review 2021. *International Energy Agency (IEA)*. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>
9. Global status of CCS 2021. *Global CCS Institute. Official website*. Available at: <https://ccushub.ogci.com/ccus-basics/state-of-play/>
10. CCUS Object Report 2022. *Global CCS Institute. Official website*. Available at: <https://co2re.co/FacilityData>
11. Decarbonization of the Oil and Gas Industry: International Experience and Priorities of Russia. *Energy Center of Moscow School of Management Skolkovo*. 2021. 158 p.
12. Oil and Gas Climate Initiative (OGCI). *Official website*. Available at: <https://www.ogci.com/>
13. Global Methane Alliance. *Climate and Clean Air Coalition. Official website*. Available at: <https://www.ccacoalition.org/en/activity/global-methane-alliance>
14. Methane Guiding Principles. Available at: <https://methaneguidingprinciples.org/>
15. Order of the Government of the Russian Federation dated 10/22/2021 No. 2979-R. *SPS «KonsultantPlus»*. Available at: <http://www.consultant.ru/> (In Russ.).
16. A Producer of Sustainable Energy. Australia. *EDL. Official website*. Available at: <https://edlenergy.com/who-we-are/>