

УДК 622.691.48

Э. Р. Гасумов ORCID ID 0000-0003-2704-0523

Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан;
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,
Баку, Азербайджан, e-mail: e.gasumov@gmail.com

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ГАЗА

Ключевые слова: эффективность, инновации, природный газ, технология, технологический процесс.

В статье рассмотрена эффективность внедрения инновационных технологий, направленных на сокращение потерь газа в технологических процессах. Анализируется влияние инновационных технологий при добыче, транспортировке, переработке и хранении природного газа. Приводятся результаты анализа эффективности внедрения инновационных технологий, направленных на сокращение потерь природного газа, оцениваемые по разным параметрам, которые учитывают экономическую и экологическую результативность проектов. Отмечается, что использование инновационных технологий для сокращения потерь природного газа имеет экономические аспекты, связанные с оптимизацией процессов транспортировки, хранения и переработки газа, а также с минимизацией утечек и выбросов газа в атмосферу. Обосновывается, что внедрение инновационных технологий, направленных на сокращение потерь природного газа, может быть эффективным за счёт оптимизации процессов, минимизации утечек и снижения эксплуатационных затрат. Это важно в условиях растущего спроса на энергоресурсы и ужесточения экологических норм. Изложены некоторые направления инновационных технологий для сокращения потерь природного газа, а также примеры реализации проектов по внедрению инновационных технологий для сокращения потерь природного газа. Исследуются экономические выгоды от использования композитных материалов для устранения утечек газа и способы их достижения.

E. R. Gasumov ORCID ID 0000-0003-2704-0523

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan;
Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan,
e-mail: e.gasumov@gmail.com

EFFICIENCY OF IMPLEMENTING INNOVATIVE TECHNOLOGIES AIMED AT REDUCING GAS LOSSES

Keywords: efficiency, innovation, natural gas, technology, technological process.

This article examines the effectiveness of implementing innovative technologies aimed at reducing gas losses in technological processes. The impact of innovative technologies on the production, transportation, processing, and storage of natural gas is analyzed. The article presents the results of an analysis of the effectiveness of implementing innovative technologies aimed at reducing natural gas losses, assessed by various parameters that take into account the economic and environmental performance of the projects. It is noted that the use of innovative technologies to reduce natural gas losses has economic implications related to the optimization of gas transportation, storage, and processing processes, as well as the minimization of gas leaks and emissions. It is argued that the implementation of innovative technologies aimed at reducing natural gas losses can be effective due to process optimization, leak minimization, and reduced operating costs. This is important in the context of growing energy demand and stricter environmental regulations. Several areas of innovative technologies for reducing natural gas losses are outlined, along with examples of projects implementing innovative technologies to reduce natural gas losses. The economic benefits of using composite materials to eliminate gas leaks and methods for achieving them are explored.

Введение

Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения эффективности процессов, связанных с потерями природного газа, в условиях ужесточения экологиче-

ских требований и экономических вызовов. В связи с этим востребовано рассмотрение потерь природного газа при добыче, хранении, переработке и транспортировании. Технологические потери газа в газораспределении

тельных системах – это неконтролируемые утечки газа, которые влияют на надёжность и безопасность объектов и оборудования [1–3]. Потери газа при ремонтных работах на магистральных газопроводах включают, например, стравливание газа в атмосферу при подготовке участка газопровода к ремонтным работам. Существует проблема противоречия между стремлением к увеличению объёмов транспортировки газа и необходимостью минимизации воздействия на окружающую среду. Отмечается неоднозначность оценок эффективности различных методов снижения потерь в научном сообществе. Актуальной является необходимость системного подхода к оптимизации процессов, который включает внедрение инновационных технологий, совершенствование материалов, оборудования и других элементов.

Цель работы заключается в оценке эффективности инновационных технологий для сокращения потерь газа в различных технологических процессах, а также в оценке эффективности инновационных технологий для минимизации потерь газа. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач, таких как анализ существующих технологий и выявление направлений возможных улучшений, рассмотрение инновационных подходов в газовой отрасли, направленных на оптимизацию процессов, сравнение традиционных и новых технологических решений с точки зрения их эффективности, экономической целесообразности и воздействия на окружающую среду, а также изучение примеров успешного внедрения инновационных технологий на газо-перерабатывающих предприятиях в различных странах [4–6].

Цель исследования эффективности внедрения инновационных технологий, направленных на сокращение потерь природного газа, заключается в оценке того, насколько данные нововведения позволяют минимизировать потери газа и снизить воздействие на окружающую среду.

Материалы и методы исследования

Методы исследования предусматривают анализ существующих работ по теме оптимизации процессов, связанных с потерями природного газа; сравнительный анализ с существующими методами; анализ кейсов на примере отечественного и зарубежного

опыта. Для исследования используется методика комплексной оценки проектов, учитывающая экономические, экологические и инновационные параметры, а также экологический контекст.

Результаты исследования и их обсуждения

Потери природного газа в технологических процессах имеют экономические и экологические последствия, а также влияют на безопасность объектов и оборудования. «Технологические потери – это неизбежные и безвозвратные потери газа, обусловленные технологическими особенностями процессов, требованиями нормативных документов и физико-химическими характеристиками газа» [3].

Внедрение инновационных технологий позволяет сократить потери природного газа в технологических процессах в различных областях: добыче, транспортировке, переработке и хранении [4–6] (рис. 1).

Эффективность внедрения инновационных технологий, направленных на сокращение потерь природного газа, оценивается по различным параметрам, которые учитывают экономическую и экологическую результативность проектов. Такие технологии могут быть направлены на минимизацию утечек газа, оптимизацию процессов добычи, транспортировки, подземного хранения газа и другие направления. Для оценки эффективности внедрения инновационных технологий применяются различные методы [3, 7–10] (рис. 2).

Использование инновационных технологий и сокращение потерь природного газа имеют экономические аспекты, связанные с оптимизацией процессов добычи, транспортировки и хранения газа, снижением затрат и минимизацией рисков [11, 12]. Эти аспекты включают внедрение новых технологий, применение методов сокращения потерь, экономическую оценку эффективности и нормативно-правовую базу, регулирующую внедрение инноваций.

Использование инновационных технологий для сокращения потерь природного газа также имеет экономические аспекты, связанные с оптимизацией процессов транспортировки, хранения и переработки газа, а также с минимизацией утечек и выбросов газа в атмосферу [13–17], что наглядно представлено на рис. 3.



Рис. 1. Влияние внедрения инновационных технологий на сокращения потерь природного газа в технологических процессах газовой отрасли
 Источник: составлен автором

Эти аспекты включают:

- снижение затрат на транспортировку газа за счёт внедрения интеллектуальных систем управления потоками и использования композитных материалов при строительстве трубопроводов;
- оптимизацию процессов подземного хранения, включая разработку новых технологий, которые увеличивают производ-

ительность отбора газа при том же геометрическом объёме хранилища, уменьшают потери и расход газа на собственные нужды;

- устранение утечек за счёт использования систем мониторинга, которые оперативно обнаруживают и отслеживают утечки, а также применения методов их устранения без остановки газоснабжения.

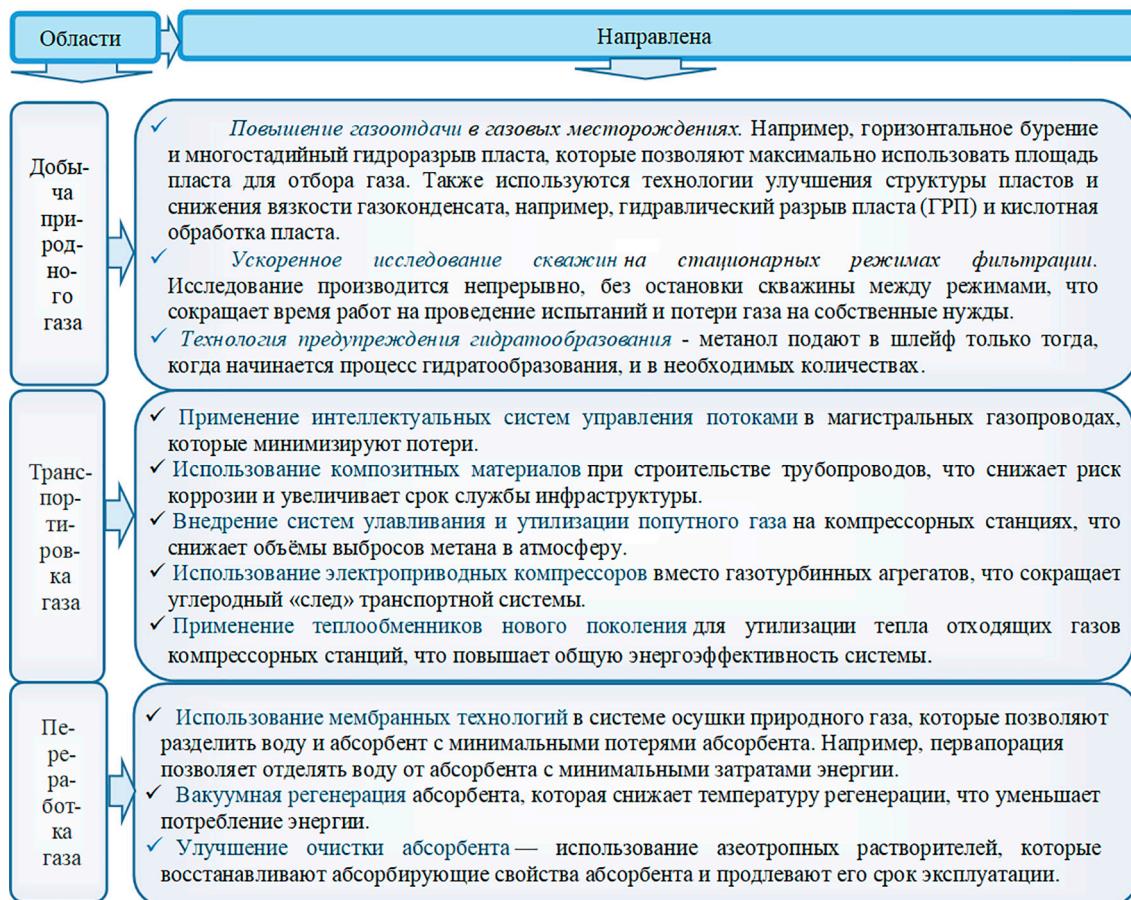


Рис. 2. Эффективность внедрения инновационных технологий и сокращения потерь природного газа
Источник: составлен автором

Некоторые направления инновационных технологий для сокращения потерь природного газа:

- Интеллектуальные системы управления – обеспечивают оптимальные режимы транспортировки в реальном времени.

- Системы динамического ценообразования учитывают текущий спрос, загруженность передающей сети и рыночные условия, что побуждает потребителей потреблять более равномерно и снижает пиковые нагрузки в системе [2].

- Инновационные конструкции танкеров-газовозов – системы повторного сжижения испарившегося газа, которые сокращают потери при перевозке.

Некоторые примеры реализации проектов по внедрению инновационных технологий для сокращения потерь природного газа:

- Замена сменных проточных частей центробежных компрессоров – обеспечи-

вает оптимальные режимы работы газопрекачивающих агрегатов, повышает КПД и уменьшает потребление топливного газа.

- Внедрение эжекторов на компрессорных станциях – метод сохранения газа в технологических коммуникациях и контуре нагнетателя газопрекачивающего агрегата для минимизации потерь при стравливании газа в атмосферу при проведении ремонтов.

Как известно, для оценки затрат компаний, связанных с технологическими процессами, используются CAPEX (капитальные затраты – расходы на приобретение, модернизацию или создание долгосрочных активов) и OPEX (операционные расходы – повседневные затраты на ведение бизнеса, необходимые для обеспечения текущей деятельности компании) – так называемые измеримые модели, показатели которых отражают разные виды расходов и по-разному учитываются в финансовых расчётах.



Рис. 3. Сокращение потерь природного газа за счёт применения инновационных технологий
Источник: составлен автором

Также в практике применяется методика «комплексной оценки» при оценке потерь газа в технологических процессах, которая включает учёт различных факторов, использование определённых методов и применение нормативной базы. Целью данной методики является определение объёмов потерь, связанных с технологическими операциями, и формирование норм потерь по источникам, процессам и в целом по объекту, что наглядно представлено на рисунке 4 [16, 17].

Для оценки эффективности внедрения инновационных технологий, направленных на сокращение потерь природного газа в технологических процессах, за основу

можно принять методологию комплексной оценки ресурсоэффективности, предусматривающую интегральный расчёт и сравнительную оценку показателей эффективности компаний газовой отрасли. Оценка проводится с помощью системы показателей, отражающих функционирование производственной, экономической, финансовой, инвестиционной, энергетической и экологической сфер деятельности. Принимая за основу данный подход, для оценки эффективности внедрения инновационных технологий, направленных на сокращение потерь природного газа в технологических процессах, могут применяться некоторые методы (табл. 1) [20].

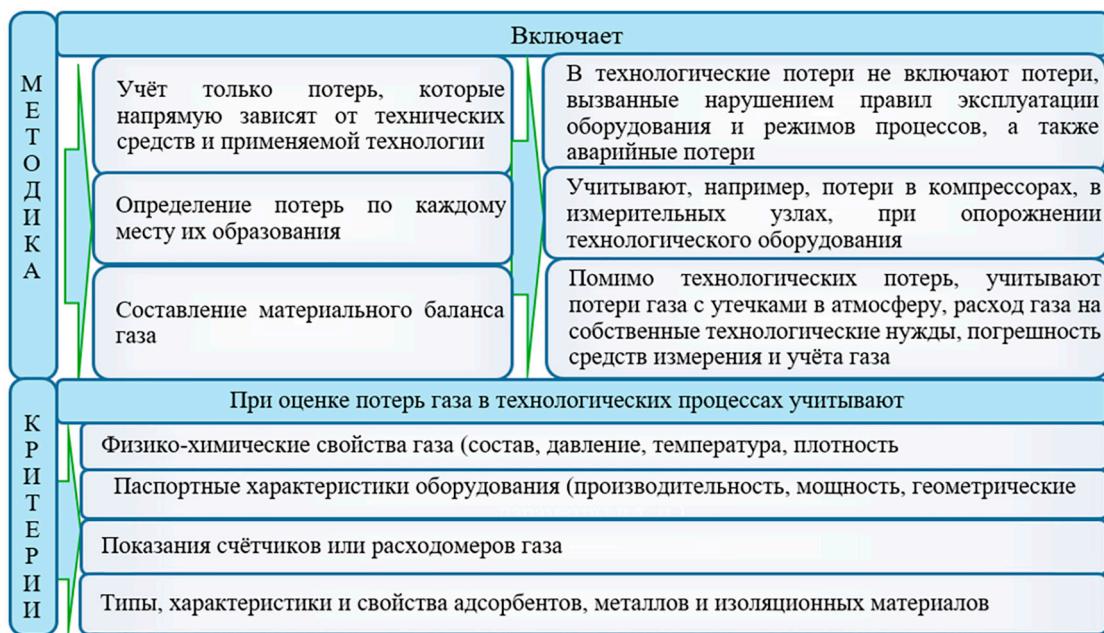


Рис. 4. Методика «комплексной оценки» при определении потерь газа в технологических процессах
Источник: составлен автором

Таблица 1

Методы оценки эффективности внедрения инновационных технологий, направленных на сокращение потерь природного газа в технологических процессах

Методы	Действия
Анализ экономического эффекта	Необходимо проанализировать технологические параметры, заявленные подрядчиком, оценить их в стоимостном выражении и сравнить с полной стоимостью работы, выполненной без использования технологии
Оценка актуальности технологии	Актуальность технологии оценивается за счёт использования существующих систем отслеживания технологических трендов
Определение надёжности технологии	Надёжность технологии, применяемой в рамках проекта, определяется на базе информации об истории её использования

Источник: составлено автором.

Анализируя вышеперечисленные используемые подходы, методы и методики в наших исследованиях, основное внимание было уделено не финансово-экономическим составляющим, а технико-экономическим аспектам оценки технологий, направленных на сокращение потерь газа в технологических процессах, в частности в нефтегазовой отрасли, с учётом ряда факторов, таких как выбор технологии обработки газа, географическое положение и характеристики месторождений УВ, выбор варианта подготовки газа, подбор размеров установки, использование энергосберегающих материалов и технологий и др. [18–21].

Анализ промысловых материалов показывает, что внедрение инновационных

технологий, направленных на сокращение потерь природного газа в технологических процессах, требует значительных финансовых затрат на этапе реализации, однако в итоге позволяет сэкономить природные ресурсы и продлить срок службы оборудования и сопровождающей инфраструктуры.

Для оценки эффективности внедрения инновационных технологий, направленных на сокращение потерь природного газа в технологических процессах, рассмотрим пример затрат на основное технологическое оборудование для улавливания теряющего газа. В таблице 2 приведены примерные показатели одной из газотранспортирующих компаний по капиталовложениям, необходимым для приобретения основного

оборудования для улавливания газов, отводимых в атмосферу. Подбор оборудования был осуществлён на основе расчёта геометрических размеров эжектора. При расчёте

срока окупаемости эжекционной установки также были учтены затраты на монтажные и пусконаладочные работы (14,2 % от стоимости газового оборудования).

Таблица 2

Затраты на основное технологическое оборудование для улавливания теряемого газа

Технологическое оборудование	Количество, шт	Цена за 1 единицу, руб.	Общая стоимость, руб.
Эжектор	8	70000	560000
Газопровод 32×3 мм	16 (по 12 м)	4000	64000
Газопровод 25×2,8 мм	8 (по 12 м)	4000	32000
Регулятор давления типа РД-25-64	8	279000	2232000
Манометр	8	3500	28000
Фильтр типа МС	8	400	3200
Кран шаровый (ДУ 25 11Б27П)	16	760	12160
Кран шаровый (ДУ 32 11Б27П)	8	70000	560000
Общая сумма, руб.		2955360	

Источник: составлено автором.

Таблица 3

Корпоративные экологические цели ПАО «Газпром» на 2023–2025 гг.

Корпоративная экологическая цель	Базовый уровень 2018 г.	Фактический показатель 2024 г.
Снижение выбросов парниковых газов при транспортировке природного газа, т СО2-экв. /млрд м ³ ·км	6,70	47,05
Снижение выбросов оксидов азота в атмосфере, т/млн м ³ топливного газа	4,23	3,96
Снижение сверхнормативного сброса загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты, %	5,26	0,02
Снижение доли отходов, направляемых на захоронение, от общей массы отходов, находящихся в обращении, %	37,53	11,93
Снижение доли дочерних обществ, превысивших 5% уровень платы за сверхнормативное воздействие на окружающую среду, %	35	8,11

Источник: составлено автором.

Таблица 4

Показатели ПАО «Газпром» в области охраны окружающей среды

Показатели	Годы		
	2022	2023	2024
Выбросы парниковых газов, млн т СО2 – экв.	213,5	209,6	221,2
Среднегодовые цены на основные сырьевые товары Природный газ (Нидерланды), долл. / тыс. м ³	1 428	460	385
Расходы Газпром на охрану окружающей среды в РФ, млрд руб.			
Текущие затраты на охрану окружающей среды	40,4	43,5	48,9
Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов	48,0	52,1	38,3
Плата за негативное воздействие на окружающую среду	0,7	0,6	0,7
Всего	89,1	96,2	87,9

Источник: составлено автором.

Нефтегазовые компании России уделяют особое внимание сокращению потерь газа и выбросов парниковых газов при различных технологических и производственных процессах. Показатели по данному направлению ПАО «Газпром» приведены в таблицах 3 и 4 [22].

Например, за счёт внедрения инновационных технологий (реализации проекта по замене сменных проточных частей центробежных компрессоров), направленных на сокращение потерь природного газа в технологических процессах, в 2024 году в ООО «Газпром трансгаз Югорск» сэкономлено 315,6 млн м³ природного газа. Кроме того, благодаря этому проекту сэкономлено 15,3 млн кВт·ч электрической энергии, а общая экономия средств составила 1,23 млрд рублей [22].

Нефтяные компании используют передовую технологию «Picaro» для выявления и устранения утечек метана. Внедрение умных счетчиков и технологий искусственного интеллекта позволяет совершенствовать системы мониторинга, отчётности и верификации (MRV). Анализ существующей системы показывает, что она недостаточно эффективна и аналитична, тогда как новая MRV-система интегрируется с метановой системой искусственного интеллекта и обеспечивает своевременную и точную информацию для принятия решений.

В рамках комплексного подхода, включающего использование спутников, дронов и наземных инструментов (таких как OGI-камеры), возможно выявление утечек и предотвращение потерь газа. Использование лазерных и тепловизионных устройств позволяет создавать системы для своевре-

менного обнаружения и устранения выбросов метана в атмосферу, улучшая контроль целостности и исключая источники выбросов парниковых газов на производственных объектах. Применение беспилотных летательных аппаратов обеспечивает непрерывный экологический мониторинг целостности инфраструктуры производственных объектов [7, 17–21].

Заключение

Внедрение инновационных технологий, направленных на сокращение потерь природного газа, может быть эффективным за счёт оптимизации процессов, минимизации утечек и снижения эксплуатационных затрат. Это особенно важно в условиях растущего спроса на энергоресурсы и ужесточения экологических норм.

Анализ показывает, что экономическая выгода от использования композитных материалов для устранения утечек газа достигается следующими способами: высокая скорость ремонта; устранение временной неисправности в газопроводе с последующей продувкой и перезапуском без остановки или прерывания процесса транспортировки газа; отсутствие необходимости в использовании взрывных методов; возможность проведения ремонта в труднодоступных местах, в том числе под водой.

Внедрение инновационных технологий, направленных на сокращение потерь природного газа, является эффективным и экономически целесообразным. Кроме того, использование таких технологий способствует минимизации воздействия на окружающую среду, что особенно важно в условиях глобальных экологических требований.

Библиографический список

1. Elizarova G.S. Economic efficiency of using innovation technologies in underground gas storage facilities // Notes of the Mining Institute. 2012. Vol. 196. P. 169-171.
2. Губайдуллин К. Оптимизация процессов транспортировки природного газа на перерабатывающие заводы // Актуальные исследования. 2021. №6(33). С. 40-46. DOI: 10.5281/zenodo.13838995.
3. Методические рекомендации по определению технологических потерь нефти при добыче, технологически связанных с принятой схемой и технологией разработки и обустройства месторождений (лицензионных участков, участков недр) (утв. Министерством энергетики РФ 10 апреля 2018 г.).
4. Gasumov E.R. Feature of assessment of technical and economic efficiency of the implementation of innovations in the development of gas condensate fields // Norwegian Journal of development of the International Science. 2021. Vol. 2. № 58. P. 31-36.
5. Gasumov E.R. Issues of modeling, management and evaluation of technical and economic efficiency of applying innovations in the development of gas condensate deposits // Scientific Reviews in UNEC. 2020. V. 8. P. 98-111.

6. Гасумов Э.Р., Валиев В.М. Оценка технико-экономической эффективности реализации инноваций в скважинах газоконденсатных месторождений // Фундаментальные исследования. 2021. № 1. С. 31-37.
7. Ильичев В.Ю., Юрик Е.А., Антипов В.С. Оптимизация перераспределения потоков на магистральных газопроводах // Научное обозрение. 2019. № 4. С. 22-26. URL: <https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=1252> (дата обращения: 15.10.2025).
8. Shimer W., Miller R. Optimization of production and sales of natural gas // Control Engineering. 2015. №. 6(60). P. 50-55.
9. Рогачев А.Г., Рыбкин Д.Е. Применяемые технологии, материалы и оборудование – факторы влияния на снижение объёмов потерь газа // Газовая промышленность. Спецвыпуск. 2018. № 2(770). С. 44-51.
10. Саликов А.Р. Технологические потери природного газа при транспортировке по газопроводам. Магистральные газопроводы. Наружные газопроводы. Внутридомовые газопроводы. Москва: Инфра-Инженерия, 2015. 112 с. ISBN 978-5-9729-0533-1.
11. Титова О.В. Комплексная оценка эффективности инновационного проекта // Вестник СГУГиТ. 2015. Вып. 3 (31). С. 129-136.
12. Куница А.В. Инновационные подходы к сокращению выбросов углекислого газа и энергопотребления в промышленности // Современные научные исследования и инновации. 2025. № 11. URL: <https://web.s nauka.ru/issues/2025/11/103899> (дата обращения: 15.10.2025).
13. Измайлова М.К. Инновационные способы сокращения углеродного следа в мировой экономике и перспективы их применения в современной России // Александр Евгеньевич. 2023. Т. 4. № 57. С. 202361.
14. Gazizyanov A.I., Ulyankina I.V., Borodin I.A., Drozhzhin S. Modern Decarbonization Strategies: Successful Practices of Large Companies // The North Caucasus Ecological Herald. 2025. Vol. 21. No. 2. P. 10-18.
15. Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С. Промышленное использование энергии и сокращение выбросов углерода в энергетическом секторе // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. ВГ Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук. 2022. С. 183-187. ISBN 978-5-361-01020-2.
16. Kukula I. Technologies for improving energy efficiency in the mining and metallurgical industries using hydrogen // Universum: technical sciences: electron scientific journal. 2025. No. 7(136). P. 11-14.
17. Stepanov M. Adaptive control systems for optimizing electric drive operation and reducing energy consumption in challenging conditions // Original research. 2024. Vol. 14. No. 9. P. 86-92.
18. Savich A. Integrating digital innovations into business process structures // Professional Bulletin: Economics and Management. 2024. No. 3. P. 12-16.
19. Abdullina L. The role of international organizations in developing circular economy standards // International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science. 2024. Vol. 6. No. 12. P. 1338-1341.
20. Koishybayev A. Analysis of selection the optimal separation techniques oil for associated gas utilization process // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. № 12. P. 4927-4930.
21. Cherepovitsyn A.E., Tretyakov N.A. Development of a new assessment system for the applicability of digital projects in the oil and gas sector // Journal of Mining Institute. 2023. Vol. 262. P. 628-642.
22. Годовой отчёт ПАО «Газпром» за 2024 год. 2024. URL: <https://www.gazprom.ru> (дата обращения: 15.10.2025).