

Научная статья
УДК 622.276.53:504.3.

Ресурсосберегающие технологии для развития нефтегазовой отрасли

Дубровина М. И.^{1, 2}

Научный руководитель: Кузьмин А. А.¹, канд. экон. наук

¹ Сибирский институт бизнеса и информационных технологий, г. Омск, Россия.

² goskova62@mail.ru

Аннотация: В статье исследуются ресурсосберегающие технологии в нефтегазовой отрасли Тюменского региона, включающего ХМАО-Югру и ЯНАО, на долю которых приходится более 55% российской нефти и около 90% газа. Актуальность обусловлена истощением сырьевой базы, высокой обводненностью зрелых месторождений (до 90%), необходимостью освоения трудноизвлекаемых запасов и уязвимостью арктических экосистем. Осуществлен анализ предшествующих исследований, выявивший три основных направления (теоретико-методологическое, экономико-экологическое, технологическое) и их ограничения: фрагментарность, недостаточную адаптацию к региональным условиям. Определены нерешенные вопросы: отсутствие интегральных моделей управления ресурсами, проблемы утилизации ПНГ, необходимость экономической оценки с учетом северной логистики. Проведен анализ существующих ресурсосберегающих технологий с точки зрения их использования в конкретных природно-климатических условиях. Выделены их достоинства и недостатки. Предложен авторский подход — применение для решения поставленной проблемы концепции «Ресурсоэффективного полигона», объединяющего управление водными ресурсами, энергохимический каскад и цифровые двойники для зрелых и арктических месторождений, что позволяет снизить себестоимость добычи и экологическую нагрузку.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, Тюменский регион, нефтегазовая отрасль, трудноизвлекаемые запасы, ресурсоэффективный полигон

Resource-saving technologies for the development of the oil and gas industry

Dubrovina M. I.^{1, 2}

Scientific supervisor: Kuzmin A. A.¹, cand. sc. (Economics)

¹ Siberian Institute of Business and Information Technologies, Omsk, Russia.

² goskova62@mail.ru

Abstract: The article examines resource-saving technologies in the oil and gas industry of the Tyumen region, which includes Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra and Yamalo-Nenets Autonomous District, which account for more than 55% of Russian oil and about 90% of gas. The urgency is due to the depletion of the raw material base, high waterlogging of mature deposits (up to 90%), the need to develop hard-to-recover reserves and the vulnerability of Arctic ecosystems. The analysis of previous studies has been carried out, revealing three main directions (theoretical, methodological, economic, environmental, technological) and their limitations: fragmentation, insufficient adaptation to regional conditions. Unresolved issues have been identified: the lack of integrated resource management models, the problems of APG utilization, and the need for an economic assessment taking into account northern logistics. The analysis of existing resource-saving technologies from the point of view of their use in specific natural and climatic conditions is carried out. Their advantages and disadvantages are highlighted. The author's approach is proposed — the application of the concept of a "Resource-efficient landfill" to solve the problem, combining water resources management, an energy chemical cascade and digital twins for mature and Arctic fields, which reduces the cost of production and the environmental burden.

Keywords: *resource-saving technologies, Tyumen region, oil and gas industry, hard-to-recover reserves, resource-efficient landfill*

Введение

Актуальность темы для Тюменского региона обусловлена его ключевой ролью в энергетической безопасности страны. На долю ХМАО-Югры и ЯНАО приходится более 55% добычи нефти в России и около 90% добычи природного газа. Однако отрасль сталкивается с системными вызовами:

1. Истощение сырьевой базы. Крупнейшие месторождения (Самотлорское, Приобское, Мамонтовское) вступили в стадию падающей добычи, характеризующуюся высокой обводненностью (до 90%) и необходимостью вовлечения в разработку трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ). Добыча традиционных легких запасов становится экономически менее эффективной.

2. Экологические вызовы Арктики и Севера. Хрупкая экосистема Ямала и приполярных территорий крайне уязвима к техногенным воздействиям. Проблема утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) на месторождениях ХМАО остается острой, несмотря на ужесточение штрафов.

3. Энергоемкость производства. В условиях Крайнего Севера затраты на выработку тепла и электроэнергии для нужд промыслов многократно возрастают. Проблема энергосбережения напрямую влияет на себестоимость тонны добытой нефти.

Таким образом, внедрение ресурсосберегающих технологий в Тюменском регионе является не просто инструментом повышения эффективности, а необходимым условием для рентабельной разработки месторождений в текущих экономических и климатических реалиях.

В то же время внедрение ресурсосберегающих технологий в Западной Сибири сталкивается с необходимостью ликвидации исторически накопленных потерь (например, огромные объемы сожженного ПНГ в факелах) и адаптации инновационных решений к условиям вечной мерзлоты, заболоченности и низких температур. Это является актуальной проблемой для региона.

Исходя из обозначенной проблемы формируется цель исследования — оценить потенциал и специфику внедрения ресурсосберегающих технологий на нефтегазовых месторождениях Тюменского региона для минимизации потребления ресурсов, снижения затрат на добычу ТРИЗ и повышения экологической безопасности северных территорий.

Проблематика внедрения ресурсосберегающих технологий в нефтегазовой отрасли заключается в необходимости ликвидации непроизводительных потерь углеводородного сырья и эффективного использования попутного газа. В условиях возрастающего давления на ресурсы и ужесточения экологических норм, компании должны снизить капитальные и операционные затраты, повысить конкурентоспособность и минимизировать экологический ущерб.

Эти технологии становятся ключевыми для устойчивого развития, способствуя повышению энергоэффективности и рациональному ресурсопотреблению.

Они помогают решать социально-экономические задачи, сохранять окружающую среду и адаптироваться к новым рыночным и регуляторным требованиям.

Методология основана на анализе теоретических источников, данных и практического применения технологий, а также сравнительном анализе их эффективности. Используются методы системного и сравнительного анализа, экспертная оценка для получения целостного представления о текущем состоянии и перспективах развития ресурсосберегающих технологий в отрасли.

Прежде, чем приступать к собственному исследованию, необходимо обратиться к массиву уже существующих на данный момент работ. Анализ источников позволяет выделить три ключевых направления в изучении ресурсосберегающих технологий, каждое из которых имеет свои достоинства и ограничения. Первый аспект исследования можно определить как теоретико-методологический. Деревянов М.Ю. и др. [5] Подборнова Е.С. [12] в своих работах проводят формирование понятийного аппарата, классификация видов ресурсов, разработка критериев оценки. Однако в них можно обнаружить отрыв от отраслевой специфики, также недостаточна адаптация к условиям конкретных месторождений.

Значительное число авторов, в частности, Азиева Р.Х., Таймасханов З.Х. [2], Ильинский А.А. [6], Краснов О.С., Смирнов В.П. [7], Негреева В.В. [11], Шевелева Н.А., Бачаев И.Б. [13], разрабатывают экономико-экологический аспект проблемы. В их исследованиях осуществляется увязка ресурсосбережения с декарбонизацией, анализ энергоемкости как фактора конкурентоспособности. Однако, эти исследования проводятся с применением преимущественно макроэкономического анализа, а проработка технологических решений проведена недостаточно полно.

Наконец, можно выделить группу работ, которые разрабатывают технологический (прикладной) аспект проблемы. Их авторы, такие, как Агаджикова А.Т. [1], Афанасьев В. Я., Большакова О. И., Романцов А. А. [3] Варламов А.И. [4] Манукян М.М., Артемян К.Б. [8], Михайлец Э.Б. [9], Мичурина О.Ю. [10] в своих исследованиях приводят конкретные технические решения (МГРП, полимерное заводнение), осуществляют анализ эффективности. В то же время в них наблюдается фрагментарность и отсутствие системного подхода к управлению ресурсами. Таким образом, тема является междисциплинарной и затрагивает экологические, экономические, технологические и социальные аспекты, что подчеркивает её высокую значимость для современной нефтегазовой отрасли.

В целом, на основании проведенного анализа работ, касающихся этой проблематики, можно выделить ряд нерешенных вопросов и исследовательских пробелов. Отсутствуют интегральные модели управления ресурсами, объединяющих энергоэффективность, водопользование, утилизацию ПНГ и повышение нефтеотдачи в единую систему. Недостаточна адаптация мировых технологических решений к условиям Тюменского региона: вечная мерзлота, заболоченность, удаленность инфраструктуры, высокая обводненность скважин (до 90% на зрелых месторождениях). Остается нерешенной проблема комплексной утилизации ПНГ в условиях отсутствия газотранспортной инфраструктуры для малых и средних месторождений ЯНАО. Также еще предстоит дать экономическую оценку эффективности ресурсосберегающих технологий с учетом северного завоза оборудования и сезонности логистики. Наконец, пробелом является отсутствие методик оценки синергетического эффекта от одновременного внедрения различных ресурсосберегающих решений.

Современная промышленность требует высоких стандартов как в плане производительности, так и экологической ответственности. Переход на ресурсосберегающие технологии — это не просто тренд, а насущная необходимость, продиктованная стремлением к устойчивому развитию и минимизации экологического ущерба.

Ресурсосбережение – это процесс управления ресурсами, направленный на реализацию концепции устойчивого развития компании за счет снижения потерь и затрат во всех основных и обеспечивающих процессах по созданию ценности продукта/услуг при бережливом отношении к природным ресурсам [8, с. 105].

Отличительной особенностью данной трактовки понятие «ресурсосбережения» является рассмотрение его сущности с позиции обеспечения устойчивого развития экономики хозяйствующего субъекта, что позволяет определить различные сценарии повышения эффективности использования ресурсов, включая природные, направленные на повышение эффективности бизнеса.

Управление ресурсосбережением, следовательно, будет направлено на повышение эффективности функционирования производственной системы путем рационального использования всех видов ресурсов, способствующие минимизации издержек, ликвидации потерь, повышения качества продукции.

Необходимо подчеркнуть, что использование ресурсосберегающих технологий для развития нефтегазовой отрасли означает для предприятий уменьшение затрат на энергоносители, сокращение вредных выбросов в атмосферу и повышение экологической безопасности производства.

Как мы видим далее, на рисунке 1 представлены некоторые достоинства ресурсосберегающих технологий для развития нефтегазовой отрасли.

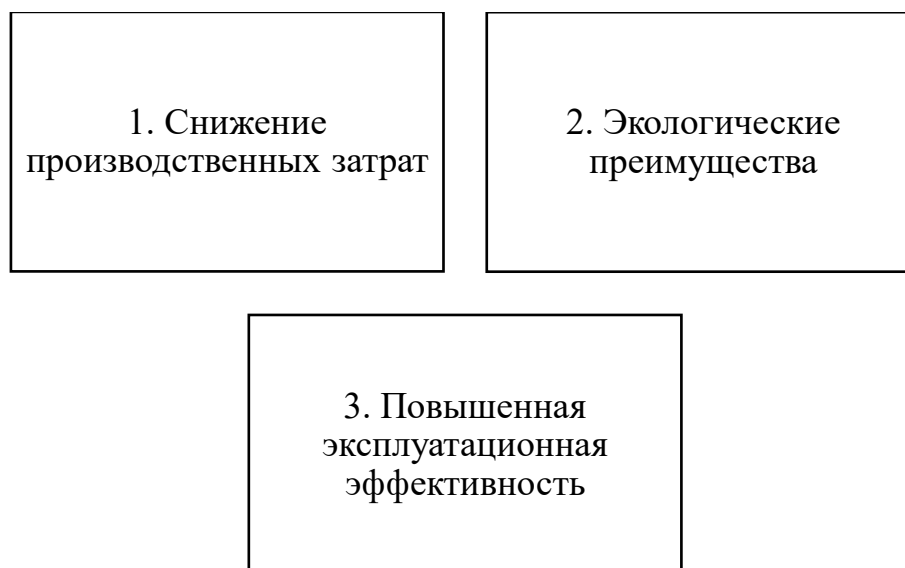


Рис.1. Достоинства ресурсосберегающих технологий для развития нефтегазовой отрасли [10, с. 95]

1. Снижение производственных затрат. Технологии позволяют минимизировать использование ресурсов при разведке, добыче и транспортировке нефти и газа.

2. Экологические преимущества. Снижение выбросов уменьшает воздействие на окружающую среду и затраты на соблюдение требований, связанных с улавливанием и хранением углерода.

3. Повышенная эксплуатационная эффективность. Технологии оптимизируют процессы, улучшают автоматизацию и облегчают мониторинг в реальном времени, что минимизирует риски, связанные с отказом оборудования или человеческой ошибкой.

Кроме того, внедрение ресурсосберегающих инноваций на предприятиях нефтегазовой отрасли в перспективе сокращает расходы государственного бюджета и рост тарифов, способствует повышению национальной и региональной конкурентоспособности.

Далее представим на рисунке 2 некоторые недостатки ресурсосберегающих технологий для развития нефтегазовой отрасли.

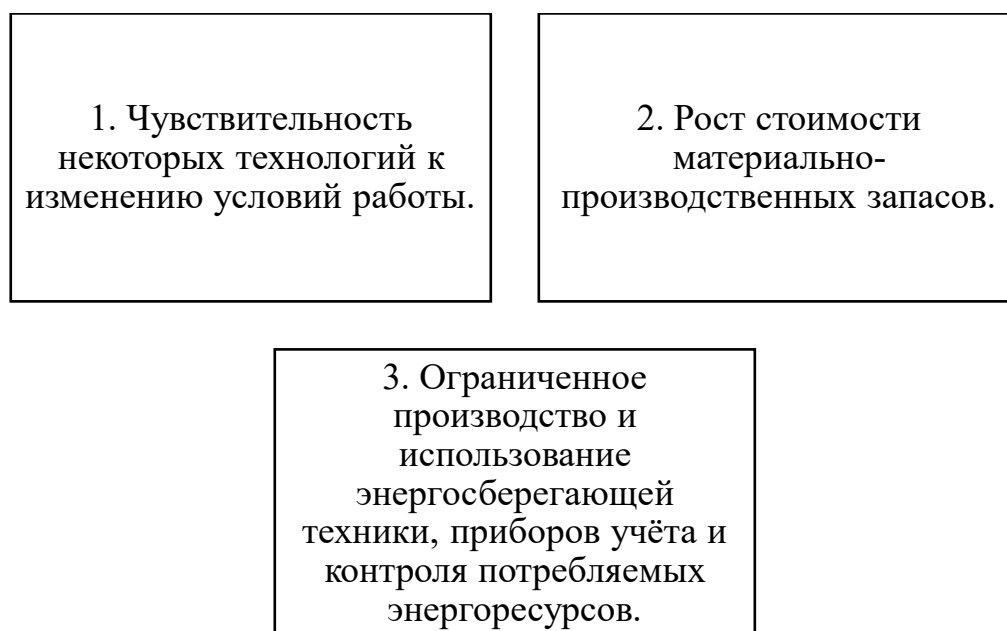


Рис. 2. Недостатки ресурсосберегающих технологий для развития нефтегазовой отрасли [11, с. 101]

Рассмотрение недостатков ресурсосберегающих технологий для развития нефтегазовой отрасли помогает оценить их производственно-экономическую эффективность и учесть возможные неблагоприятные последствия.

1. Чувствительность некоторых технологий к изменению условий работы. Например, эжекторное компримирование чувствительно к составу и расходу газов, что может приводить к нестабильной работе при отклонении от расчётного режима.

2. Рост стоимости материально-производственных запасов. Это приводит к увеличению себестоимости добытой продукции и снижению доли прибыли.

3. Ограниченное производство и использование энергосберегающей техники, приборов учёта и контроля потребляемых энергоресурсов. Это может быть связано с недостаточной платёжеспособностью, неразвитостью инфраструктуры рынка энергосберегающей техники, недостатком оборотных средств у предприятий, сложностью получения кредитов и инвестиций.

В современном мире вопросы рационального использования природных ресурсов приобретают особую актуальность. Нефтегазовая отрасль является одним из ключевых секторов экономики, однако её развитие часто сопровождается негативным воздействием на окружающую среду. В связи с этим возникает необходимость внедрения ресурсосберегающих технологий, которые позволят повысить эффективность производства, уменьшить вредное воздействие на природу и обеспечить устойчивое развитие отрасли.

Вернемся к основной теме и рассмотрим перспективные технологии, которые могут быть использованы в нефтегазовой отрасли для снижения потребления ресурсов и улучшения экологической ситуации применительно к условиям Тюменского региона.

Специфика ресурсосбережения в нефтегазовой отрасли Тюменского региона заключается в том, что управление ресурсами (энергия, вода, реагенты) напрямую влияет на возможность продления жизни «старых» месторождений и экономику новых проектов на Ямале. Как любые другие технологии, ресурсосберегающие имеют свои достоинства и недостатки.

К числу достоинств внедрения ресурсосберегающих технологий в условиях Тюменского Севера можно отнести следующие:

1. Снижение операционных затрат (ОРЕХ) на зрелых месторождениях. Для месторождений ХМАО с высокой обводненностью характерны колоссальные затраты на электроэнергию для закачки воды и перекачки пластовой жидкости. Применение частотно-регулируемых приводов на насосах и оптимизация системы ППД (поддержания пластового давления) позволяют снизить потребление электроэнергии на 15-25%, что напрямую уменьшает себестоимость нефти.

2. Экологические преимущества для Арктической зоны. На месторождениях полуострова Ямал (например, Бованенково, Харасавэй) применение технологий с минимальным воздействием на грунты (кустовое бурение с большим отходом ствола) позволяет сохранить целостность вечной мерзлоты. Кроме того, перевод газотурбинных электростанций (ГТЭС), работающих на попутном или природном газе, на более эффективные парогазовые циклы (ПГУ) снижает выбросы CO₂ и тепловое загрязнение атмосферы.

3. Экономическая эффективность добычи ТРИЗ. Внедрение технологий многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) на баженовской свите и ачимовских отложениях в Югре позволяет вовлечь в разработку запасы, которые ранее считались нерентабельными. Это есть прямое ресурсосбережение на макроуровне — более полное извлечение углеводородов из недр без ввода в бурение новых площадей.

Однако использование высокотехнологичных решений в условиях Тюменского региона имеет и обратную сторону:

1. Чувствительность к условиям Крайнего Севера. Многие датчики автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и «умное» оборудование могут давать сбои при экстремально низких температурах (ниже -45°C) или высокой влажности, характерных для ЯНАО. Требуется их дорогостоящая адаптация («северное» исполнение).

2. Рост капитальных затрат (CAPEX). Строительство установок по утилизации ПНГ (компрессорные станции, газопроводы до перерабатывающих заводов) требует огромных первоначальных инвестиций. Для малых и средних месторождений на севере Тюменской области это часто экономически неподъемно без государственных субсидий.

3. Логистические ограничения. Завоз тяжелого энергосберегающего оборудования (газотурбины, блок-модули) на месторождения Ямала возможен только по зимникам или Северному морскому пути, что жестко привязывает сроки внедрения технологий к сезонным окнам.

Рассмотрим технологии, имеющие максимальный потенциал для снижения потребления ресурсов именно в Западной Сибири.

Прежде всего, сюда относится полномасштабная утилизация попутного нефтяного газа (ПНГ) в ХМАО. На сегодняшний день крупные компании ("Сургутнефтегаз", "Роснефть") строят на месторождениях Югры собственные газотурбинные электростанции. Это позволяет решить задачи, связанные с прекращением сжигания ПНГ в факелах, что снижает платежи за вредные выбросы, и обеспечением дешевой электроэнергией процессов добычи (мехдобыча), замещая дорогую электроэнергию из общей сети. В качестве примера можно привести Приобское месторождение, где работают ГТЭС, использующие ПНГ в качестве топлива, что покрывает значительную часть энергопотребления промысла.

Эффективный характер имеет использование цифровизации и «умных скважин» для месторождений Ямала. Внедрение интеллектуальных систем мониторинга разработки (Intelligent Field) на газовых месторождениях ЯНАО позволяет дистанционно управлять задвижками и режимами работы скважин. Это минимизирует выезды оперативного персонала на кусты (снижение затрат на транспорт и риск для людей) и оптимизирует отбор газа, предотвращая преждевременное обводнение пластов.

Также важным и необходимым является применение теплоизоляции и композитных материалов в условиях вечной мерзлоты. Использование композитных материалов (стеклопластика) для трубопроводов на месторождениях Ямала решает критическую проблему коррозии и снижает теплотери при транспортировке высоковязкой нефти. В отличие от металла, композиты не требуют дорогостоящей электрохимической защиты и имеют больший срок службы в агрессивных северных условиях.

Наконец, нужно активно обращаться к энергоэффективным технологиям поддержания пластового давления (ППД). Для месторождений Тюменского региона с большим фондом скважин замена насосного оборудования на высокоэффективные электроцентробежные насосы (УЭЦН) с улучшенными характеристиками позволяет снизить удельный расход электроэнергии на подъем 1 тонны жидкости, что критично для высокообводненных скважин Самотлора.

Заключение

Проведенный анализ показывает, что внедрение ресурсосберегающих технологий в нефтегазовой отрасли Тюменского региона — это стратегический вектор развития, позволяющий решать комплекс экономических, экологических и социальных задач.

Специфика региона требует не просто копирования мировых практик, а их адаптации к условиям низких температур, заболоченности и удаленности промыслов. К наиболее перспективным направлениям для ХМАО и ЯНАО можно отнести: повышение глубины переработки и утилизации ПНГ, внедрение энергоэффективного оборудования для механизированной добычи, цифровизацию процессов для сокращения затрат на логистику и промысловый контроль, а также широкое применение коррозионностойких материалов.

Реализация этих мер позволит не только снизить себестоимость добычи и нагрузку на экологию, но и обеспечить конкурентоспособность тюменской нефти в условиях энергоперехода.

В качестве практического решения проблемы нами предлагается использование уже разработанной концепции "Ресурсоэффективного полигона" для зрелых месторождений Тюменского региона. Названный подход исходит из ключевой особенности Тюменского региона — сочетания зрелых месторождений с высокой обводненностью (ХМАО) и новых арктических месторождений с высоковязкой нефтью и чувствительной экологией (ЯНАО). Традиционные решения, эффективные для одного типа месторождений, часто неприменимы для другого.

Этот подход, по нашему мнению, позволяет:

- Снизить себестоимость добычи на зрелых месторождениях ХМАО за счет оптимизации водопользования и энергозатрат
- Обеспечить экологически безопасное освоение месторождений Ямала с сохранением вечной мерзлоты
- Создать тиражируемую модель "ресурсоэффективного месторождения" для других нефтегазоносных регионов Арктики и Сибири
- Интегрировать лучшие мировые практики (автономные внутрискважинные системы, гибридная энергетика, цифровые двойники) с учетом российской специфики

Библиографический список

1. Агаджыкова А.Т. [и др.] Новые технологии нефтегазовой отрасли как фактор инновационного развития энергетического сектора // Наука и мировоззрение. 2025. Т. 1, № 64. С. 44–49. URL: <https://naukamirowozreniya.ru/public/202512/application/1765050568723090085/no-vye-tehnologii-neftegazovoj-otrasli-kak-faktor-innovacionnogo-razvitiya-energeticheskogo-sektora.pdf> (дата обращения: 20.02.2026).
2. Азиева Р.Х., Таймасханов З.Х. Влияние энергетической эффективности на деятельность предприятия // Вестник АГТУ. Серия: Экономика. 2023. № 1. С. 44–50. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-energeticheskoy-effektivnosti-na-deyatelnost-predpriyatiya> (дата обращения: 20.02.2026).
3. Афанасьев В.Я., Большакова О.И., Романцов А.А. Модернизация топливно-энергетического комплекса России в направлении экономики замкнутого цикла // Вестник ГУУ. 2023. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-toplivno-energeticheskogo-kompleksa-rossii-v-napravlenii-ekonomiki-zamknutogo-tsikla> (дата обращения: 20.02.2026).
4. Варламов А.И. [и др.] Состояние и перспективы развития цифровых технологий в нефтегазовой геологии и недропользовании России // Геология нефти и газа. 2021. № 3. С. 5–20.
5. Деревянов М.Ю. Системный анализ сложноструктурированного комплекса переработки нефтесодержащих отходов // Вестник Самарского

государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2024. Т. 32, № 1 (81). С. 32–55.

6. Ильинский А.А. [и др.] Декарбонизация нефтегазового комплекса: приоритеты и организационные модели развития // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. Т. 25, № 1 (75). С. 33. URL: https://www.researchgate.net/profile/Natalia-Kirsanova-2/publication/359795268_Assessment_of_accountability_in_state_regulation_of_Arctic_zone_of_the_Russian_Federation_in_current_institutional_environment/links/645bcb63fbaf5b27a4ba0959/Assessment-of-accountability-in-state-regulation-of-Arctic-zone-of-the-Russian-Federation-in-current-institutional-environment.pdf#page=34 (дата обращения: 20.02.2026).

7. Краснов О.С., Смирнов В.П. Проблемы утилизации ПНГ на месторождениях ХМАО-Югры // Нефтяное хозяйство. 2023. № 8. С. 102–107.

8. Манукян М.М., Артемян К.Б. Использование ресурсосберегающих технологий в условиях энергоперехода и устойчивого развития предприятий нефтегазового комплекса Самарского региона. 2023. Т. 14, № 3. С. 104–109.

9. Михайлец Э.Б. Комплекс ресурсосберегающих мероприятий как фактор внедрения циркулярной экономики на ПАО «Казаньоргсинтез» // ББК 65-21с51 Э94. 2024. С. 125. URL: https://ieml.ru/innovation/forum2025/history/materials/history_sbornik2023.pdf#page=125 (дата обращения: 20.02.2026).

10. Мичурина О.Ю. [и др.] Изменение топливного режима как способ ресурсосбережения на предприятии нефтегазовой отрасли // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2021. № 3 (37). С. 93–98.

11. Негреева В.В. [и др.] Экономико-экологические аспекты ресурсосбережения // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2021. № 1. С. 94–102.

12. Подборнова Е.С. Развитие теоретических и методических вопросов ресурсосбережения и ресурсоэффективности в промышленности России // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2023. Т. 14, № 1. С. 119–127.

13. Шевелева Н.А., Бачаев И.Б. Систематизация практических аспектов повышения энергоэффективности нефтегазовых компаний // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2024. № 10 (238). С. 15–25. EDN IYPPQX.