

Научная статья  
УДК 622.276.5  
<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-3-49-55>  
EDN JUYTRD

## **Новые технологии бурения и их влияние на эффективность добычи углеводородов – изучение направлений в области горизонтального бурения и гидроразрыва пласта**

---

**Жанна Ибрагимовна Нурмакова<sup>✉</sup>,  
Рената Серикқызы Мерамгалиева, Олег Павлович Митрофанов**

*Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Россия, [nurmak@yandex.ru](mailto:nurmak@yandex.ru)<sup>✉</sup>*

---

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные технологии бурения и их влияние на эффективность добычи углеводородов с акцентом на горизонтальное бурение и гидроразрыв пласта (ГРП). В последние годы эти методы значительно развились, что привело к существенному увеличению объемов добычи и снижению затрат на эксплуатацию месторождений. Проводится анализ существующих технологий, выделены ключевые инновации, такие как металлические буровые долота, системы управления бурением и новые составы флюидов для ГРП. Освещаются результаты применения этих технологий на различных месторождениях, а также обсуждаются проблемы и риски, связанные с их внедрением, включая экологические аспекты и вопросы безопасности. Акцентируется внимание на перспективах развития буровых технологий в контексте глобальных трендов, таких как устойчивое развитие и переход к низкоуглеродной экономике. Подробно рассматриваются различные подходы к обеспечению безопасности проведения буровых работ, включая использование автоматизированных систем мониторинга и анализа данных. Также представляются результаты недавних научных исследований, которые подтверждают эффективность использования альтернативных методов, таких как центробежное бурение, а также комбинированных технологий, позволяющих оптимизировать процессы. Параллельно рассматриваются направления для дальнейших исследований, направленных на повышение эффективности, безопасность и минимизацию воздействия на окружающую среду. Целью статьи являлось не только обобщение современного состояния технологий бурения, но и формулирование рекомендаций для оптимизации процессов добычи углеводородов в условиях меняющейся экономической и экологической реальности. В заключение подчеркивается необходимость интеграции новых технологий и научных исследований для достижения устойчивого будущего в энергетическом секторе.

**Ключевые слова:** технологии бурения, добычи углеводородов, горизонтальное бурение, гидроразрыв пласта, повышение эффективности, экологическая безопасность, автоматизация бурения, устойчивое развитие, низкоуглеродная экономика

**Для цитирования:** Нурмакова Ж. И., Мерамгалиева Р. С., Митрофанов О. П. Новые технологии бурения и их влияние на эффективность добычи углеводородов – изучение направлений в области горизонтального бурения и гидроразрыва пласта // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2025. № 3. С. 49–55. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-3-49-55>. EDN JUYTRD.

Original article

## **New drilling technologies and their impact on the efficiency of hydrocarbon production – exploring areas in the field of horizontal drilling and hydraulic fracturing**

---

**Zhanna I. Nurmakova<sup>✉</sup>, Renata S. Meramgaliyeva, Oleg P. Mitrofanov**

*Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russia, [nurmak@yandex.ru](mailto:nurmak@yandex.ru)<sup>✉</sup>*

---

**Abstract.** The article discusses modern drilling technologies and their impact on the efficiency of hydrocarbon production, with an emphasis on horizontal drilling and hydraulic fracturing. In recent years, these methods have devel-

oped significantly, which has led to a significant increase in production volumes and lower costs for field operation. The analysis of existing technologies is carried out, key innovations such as metal drill bits, drilling control systems and new fluid compositions for hydraulic fracturing are highlighted. The results of the application of these technologies in various fields are highlighted, as well as the problems and risks associated with their implementation, including environmental and safety issues, are discussed. Attention is focused on the prospects for the development of drilling technologies in the context of global trends, such as sustainable development and the transition to a low-carbon economy. Various approaches to ensuring the safety of drilling operations, including the use of automated monitoring and data analysis systems, are considered in detail. The results of recent scientific research are also presented, which confirm the effectiveness of using alternative methods such as centrifugal drilling, as well as combined technologies that optimize processes. In parallel, areas for further research aimed at improving efficiency, safety and minimizing environmental impacts are being considered. The purpose of the article was not only to summarize the current state of drilling technologies, but also to formulate recommendations for optimizing hydrocarbon production processes in a changing economic and environmental reality. In conclusion, the need to integrate new technologies and scientific research is emphasized in order to achieve a sustainable future in the energy sector.

**Keywords:** drilling technologies, hydrocarbon production, horizontal drilling, hydraulic fracturing, efficiency improvement, environmental safety, drilling automation, sustainable development, low-carbon economy

**For citation:** Nurmakova Zh. I., Meramgaliyeva R. S., Mitrofanov O. P. New drilling technologies and their impact on the efficiency of hydrocarbon production – exploring areas in the field of horizontal drilling and hydraulic fracturing. *Oil and gas technologies and environmental safety*. 2025;3:49-55. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-3-49-55>. EDN JUYTRD.

## Введение

Углеводороды остаются основным источником энергии в мире, и эффективность их добычи зависит от множества факторов. Современные технологии бурения, включая горизонтальное бурение и гидроразрыв пласта (ГРП), значительно изменили подходы к разработке месторождений. Эти методы позволяют улучшить доступ к углеводородам, содержащимся в трудноизвлекаемых резервуарах, и способствуют повышению общей эффективности добычи.

В последние десятилетия индекс добычи углеводородов в значительной степени зависит от применяемых технологий бурения. Несмотря на сокращение запасов традиционных углеводородов промышленности энергетических ресурсов становится все более инновационной. Новые технологии бурения, особенно в области горизонтального, играют ключевую роль в повышении эффективности добычи углеводородов.

Целью статьи является рассмотрение новых методов и технологий, таких как горизонтальное бурение и ГРП, их влияние на эффективность добычи нефти и газа, анализ текущей ситуации в углеводородной промышленности, выявление основных тенденций и перспектив развития данных технологий, исследование современных разработок в этой области и их влияние на отрасль в целом.

## Технология горизонтального бурения

Горизонтальное бурение прошло длинный путь с момента своего появления. Первоначально оно использовалось в основном для разработки сложных месторождений, требующих точности и высокого уровня технологии. Однако с развитием бурового оборудования и технологий управления горизонтальное бурение стало более распространенным, позволяющим значительно увеличить объемы добычи.

Современные системы бурения используют авто-

матизацию, компьютерное моделирование, а также передовые методы геофизических исследований для оптимизации процесса бурения. Это позволяет минимизировать затраты и время разработки месторождений.

Горизонтальное бурение позволяет добывать углеводороды из слоев, которые ранее считались недоступными.

Основными преимуществами являются:

1) увеличение площади контакта: горизонтальные скважины увеличивают площадь контакта с продуктивными пластами, что позволяет извлекать больше углеводородов;

2) снижение количества скважин: возможность бурения длинных горизонтальных участков уменьшает необходимость в большом количестве вертикальных скважин;

3) сокращение воздействия на окружающую среду: меньшее количество скважин снижает воздействие на природные экосистемы.

Горизонтальное бурение активно используется в сланцевых месторождениях, где традиционные методы добычи оказываются неэффективными. Например, в США технологии горизонтального бурения привели к значительному увеличению добычи сланцевой нефти.

Одним из основных преимуществ горизонтального бурения является возможность увеличения площади воздействия на резервуар углеводородов. В отличие от вертикального бурения горизонтальные скважины позволяют извлекать углеводороды из широких слоев земли, что значительно увеличивает объем добычи.

Горизонтальное бурение также снижает воздействие на окружающую среду. Процесс позволяет сократить количество буровых площадок, необходимых для доступа к углеводородам, поскольку одна горизонтальная скважина может покрывать большие участки земли. Это особенно важно

в экологически чувствительных районах. На рис. 1 представленная технология горизонтального направленного бурения [1].

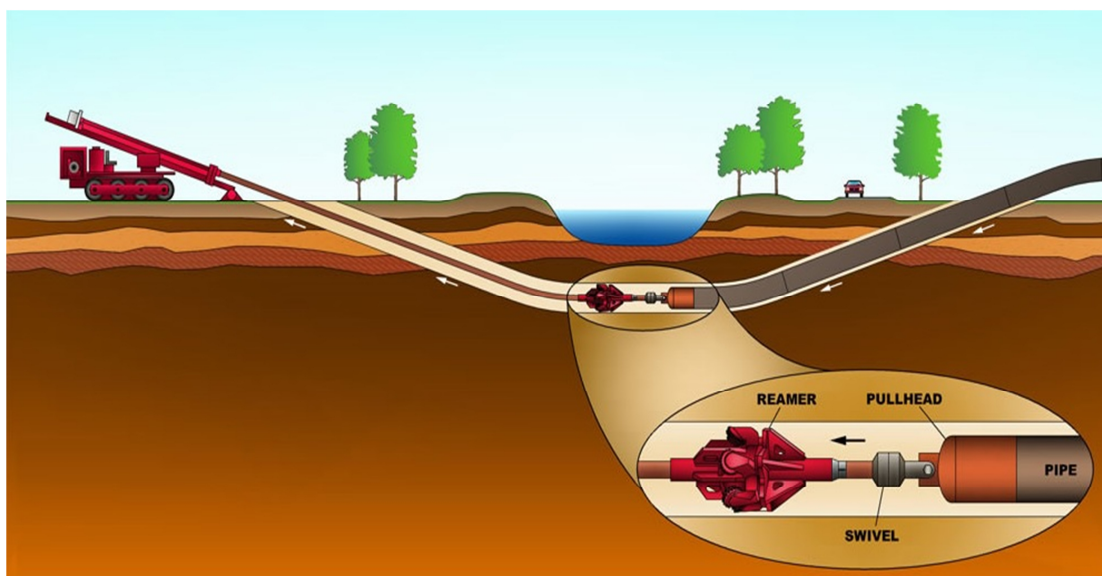


Рис. 1. Технология горизонтального направленного бурения

Fig. 1. Horizontal directional drilling technology

С увеличением эффективности добычи и снижением затрат на разработку месторождений горизонтальное бурение становится более рентабельным решением для компаний. Современные технологии, такие как бурение с использованием гидравлического разрыва пласта (ГРП, фрекинг), также повышают экономическую целесообразность разработки нетрадиционных запасов, таких как сланцевый газ и нефть.

Новыми направлениями в области технологий горизонтального бурения являются:

1) компьютерное моделирование и симуляция. Технологии компьютерного моделирования играют важную роль в оптимизации процесса бурения. Системы, использующие алгоритмы машинного обучения, позволяют предсказывать поведение пласта и выбирать оптимальные параметры бурения. Это приводит не только к уменьшению затрат, но и к повышению безопасности бурения;

2) бурение с использованием технологий беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Использование БПЛА для мониторинга буровых площадок и разработки геофизических данных открыло новые горизонты в области изучения ресурсов, позволяет собирать данные о расположении и состоянии скважин в реальном времени, повышая управляемость и эффективность процесса бурения;

3) лазерные технологии. Эти технологии начинают использоваться для точного бурения и резания, обладают высокой степенью точности и позволяют значительно снизить риск повреждения бурового оборудования и окружающей среды.

### **Сравнение старых и новых технологий горизонтального бурения**

#### **Технологический процесс**

*Старые технологии.* Старые методы горизонтального бурения основывались на традиционных подходах, таких как бурение с использованием роторного оборудования. Эти методы часто требовали значительных временных и финансовых затрат, а также имели ограниченные возможности по управлению направлением бурения.

*Новые технологии.* Современные технологии GPR (глобальное позиционирование в реальном времени) и цифровых технологий значительно улучшили процесс бурения. Они позволяют проводить бурение с высокой точностью и контролем, что сокращает риск ошибок и уменьшает количество отходов. Например, использование БПЛА (дронов) для предварительного анализа местности стало необходимо [2].

#### **Оборудование**

*Старые технологии.* Ранее использовавшееся оборудование было громоздким и часто требовало значительных усилий для транспортировки и установки. Кроме того, оно чаще всего не обладало необходимой гибкостью для выполнения задач в различных условиях.

*Новые технологии.* В настоящее время оборудование для горизонтального бурения стало компактнее, более легким и эффективным. Использование механизированных систем и автоматизации процессов снизило физическую нагрузку на работников и увеличило производительность труда. Например, системы, работающие на основе гидравлики, стали

обычным делом, позволяя проводить бурение даже в сложных геологических условиях.

#### **Экологические аспекты**

**Старые технологии.** Одной из ключевых проблем традиционных методов горизонтального бурения было значительное воздействие на окружающую среду. Неправильное управление отходами и использование вредных химикатов приводило к загрязнению почвы и водоемов.

**Новые технологии.** С увеличением общественного внимания к экологии новые технологии стремятся минимизировать негативное воздействие на природу. Использование биоразлагаемых буровых растворов и технологий, позволяющих сократить количество выбросов и отходов, стало стандартом. Также активно применяются методы мониторинга состояния окружающей среды в процессе бурения.

#### **Экономическая эффективность**

**Старые технологии.** В условиях, когда производство полезных ископаемых велось с применением устаревших методик, затраты были существенно выше. Длительное время простоя оборудования, высокая вероятность аварий и потерь в процессе работ значительно снижали рентабельность.

**Новые технологии.** Современные технологии горизонтального бурения предлагают гораздо более высокий уровень экономической эффективности. Автоматизация, улучшенная логистика и точность работ позволяют снижать затраты и повышать прибыль. Использование программного обеспечения для моделирования и оптимизации процессов помогает избежать лишних расходов.

Сравнение старых и новых технологий горизонтального бурения показывает, что современные решения значительно превосходят предыдущие методы во многих аспектах. Инновационные технологии не только улучшают производительность

и безопасность работ, но и способствуют охране окружающей среды. Применение новых методов является залогом успешного развития отрасли и устойчивого управления ресурсами в будущем.

#### **Технология ГРП**

ГРП – это метод, используемый для увеличения продуктивности скважин за счет создания и расширения трещин в породах. При его проведении в скважину закачивается высоконапорный раствор, который разрывает геологические породы, увеличивая проницаемость и создавая сеть трещин, по которым углеводороды могут свободно мигрировать.

Современные достижения в ГРП:

1) новые составы проппантов: разработка более эффективных проппантов, которые увеличивают прочность трещин и способствуют их устойчивости, позволяет значительно улучшить результаты ГРП;

2) инновационные жидкости для ГРП: использование специальных флюидов, обладающих высокими вязкостью и неньютоновскими свойствами, позволяет более эффективно перемещать проппанты и достигать глубоких пластов;

3) моделирование и мониторинг: применение современных программ для моделирования процессов ГРП и систем мониторинга в реальном времени позволяет более точно планировать операции и минимизировать риски [3].

ГРП был впервые внедрен в США в конце 1940-х гг. Первая успешная операция по ГРП была проведена в 1947 г. компанией Halliburton на месторождении Hugoton в штате Канзас. В течение следующих десятилетий технология совершенствовалась, но ее широкое коммерческое применение оставалось ограниченным из-за высокой стоимости (рис. 2) [4].

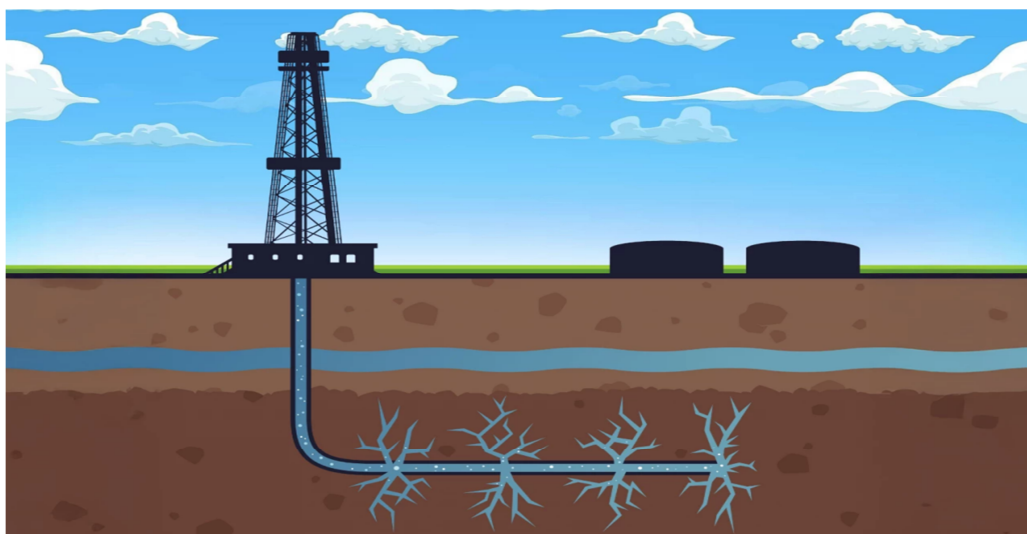


Рис. 2. Гидроразрыв пласта

Fig. 2. Hydraulic fracturing

Прорыв произошел в начале 2000-х гг. с развитием горизонтального бурения и технологий многостадийного гидроразрыва. Эти инновации позволили раскрыть потенциал месторождений сланцевой нефти и газа. В частности, в 2004 г. в Северной Дакоте был выполнен первый ГРП для добычи сланцевой нефти, что стало отправной точкой для масштабного роста добычи [5].

С 2004 по 2014 гг. суточная добыча нефти в Северной Дакоте выросла с 85 тыс. до 1,1 млн баррелей, что символизировало начало «сланцевой революции». Этот успех послужил катализатором для глобального внедрения ГРП и его адаптации к местным условиям в разных странах, включая Казахстан.

ГРП представляет собой процесс, направленный на создание искусственных трещин в пластах с низкой проницаемостью. Эти трещины служат путями для движения нефти и газа к скважине. Процесс включает несколько ключевых этапов:

1) кислотную обработку: на первом этапе скважина очищается от загрязнений путем закачки смеси воды с разбавленной кислотой, что обеспечивает доступ жидкости к нефтеносному пласту;

2) создание трещин: на следующем этапе закачивается жидкость без проппанта, которая под давлением инициирует образование трещин в пласте;

3) проппантный этап: для поддержания трещин в открытом состоянии в пласт закачивается смесь воды и проппанта. Проппант не позволяет трещинам закрываться под действием порового давления. Этимология слова «проппант» происходит от английского термина *propping agent*, что буквально переводится, как «расклинивающий агент». В первых ГРП использовался речной песок, но со временем были разработаны более эффективные материалы, такие как гранулообразные керамические и полимерные проппанты;

4) промывку: завершающий этап включает закачку чистой воды для удаления излишков проппанта и подготовки скважины к эксплуатации. Этот процесс позволяет в разы увеличить производительность скважин, ранее считавшихся нерентабельными для разработки.

ГРП способствует значительному увеличению коэффициента извлечения углеводородов из пласта.

Ключевые аспекты эффективности ГРП:

– оптимизация химических составов: использование специализированных проппантов и добавок, которые способствуют увеличению долговечности трещин;

– мониторинг и адаптация: технологии мониторинга (например сейсмическое зондирование) позволяют адаптировать процесс ГРП в реальном времени для достижения максимальной эффективности.

Применение новых технологий бурения, таких как горизонтальное бурение и ГРП, оказало существенное влияние на экономику добычи углеводо-

родов. Оптимизация процессов позволяет снизить стоимость добычи, что имеет критическое значение в условиях нестабильных цен на нефть.

Разнообразие подходов к добыче углеводородов позволяет компаниям более эффективно управлять рисками, связанными с колебаниями цен и экономическими условиями.

Будущее углеводородной отрасли будет определяться дальнейшими инновациями в области бурения. Ключевые направления, которые гарантируют значительный эффект, включают:

1) разработку новых материалов: создание более прочных и устойчивых к высоким давлениям материалов для буровых труб;

2) интеграцию цифровых технологий: использование больших данных и машинного обучения для оптимизации процессов бурения и повышения эффективности.

### **Сравнение ГРП: старые технологии и новые подходы**

За последние несколько десятилетий в этой области произошли значительные изменения, которые повлияли на эффективность и безопасность проводимых работ. Рассмотрим основные отличия старых и новых технологий ГРП.

*Старые технологии:*

1) простота процесса: ранее ГРП осуществлялся с использованием простых методов, основывающихся на водном растворе и песке (проппант), что позволяло создавать трещины в породе, но чаще всего результативность была ограниченной;

2) ограниченные материалы: в старых технологиях применялись минимальные объемы химических добавок, что ограничивало возможности по улучшению свойств цементирующей и промывочной жидкостей;

3) менее точная геологическая оценка: в технологическом процессе часто использовались устаревшие методы геологических изысканий, что приводило к недостаточной информации о структуре пласта и его характере, что ограничивало эффективность ГРП;

4) экологические риски: первоначальные методы ГРП значительно увеличивали риск загрязнения подземных вод из-за недостаточного контроля за процессом и применяемыми химикатами.

*Новые технологии:*

1) инновационные проппанты: современные технологии используют более продвинутые виды проппантов, включая керамические и синтетические материалы, которые обеспечивают более качественные и устойчивые трещины;

2) улучшенные химические добавки: новые методы предполагают использование специализированных химикатов, которые улучшают текучесть,

снижают вязкость и предотвращают образование отложений, что повышает эффективность процесса;

3) современные технологии мониторинга: внедрение цифровых технологий, таких как георадарные системы и мониторинг в реальном времени, позволяет более точно оценивать состояние пласта и получать данные о выполнении работ;

4) экологически чистые решения: в последние годы акцент сместился на устойчивую и экологически безопасную добычу углеводородов. Современные технологии активно разрабатывают и применяют биодegradуемые и нетоксичные химикаты;

5) интеграция с данными: использование больших данных и аналитики позволяет эффективно прогнозировать результаты ГРП и оптимизировать процесс разработки месторождений.

Сравнение старых и новых технологий ГРП демонстрирует, что современные методы значительно превосходят прежние подходы как с точки зрения эффективности, так и безопасности. Внедрение инновационных технологий и подходов в эту сферу позволяет не только увеличить объемы извлекаемых ресурсов, но и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Развитие ГРП в будущем будет во многом определяться способностью отрасли адаптироваться к новым вызовам, включая экологические нормы и требования по устойчивому развитию.

Количественные оценки по внедрению технологий горизонтального бурения и ГРП:

1) снижение капитальных затрат: в среднем затраты на разведочное и эксплуатационное бурение могут снизиться на 30–50 % благодаря использованию систем автоматизации, облегченной техники и инновационных методов планирования процессов, при этом установка новых технологических комплексов без значительных затрат на подготовительные работы позволяет сократить сроки ввода объектов в эксплуатацию на 15–25 %;

2) снижение операционных затрат: эксплуатационные расходы снижаются на 15–30 % за счет сокращения времени бурения, уменьшения числа вязкляных этапов и повышения точности гидроразрыва;

3) увеличение объемов добычи: современные технологии горизонтального бурения позволяют увеличить дебит скважин на 20–60 % по сравнению с традиционными вертикальными скважина-

ми, дополнительное стимулирование гидроразрывом способствует расширению зоны контакта с ресурсами и повышению добычи на 25–70 %, что особенно актуально на сложных и низкопроницаемых пластах;

4) повышение коэффициента извлечения ресурсов (КИР): в результате использования гидроразрыва и горизонтального бурения КИР возрастает с традиционных 30–50 до 60–80 %, что способствует более эффективному освоению запасов и увеличению экономической рентабельности;

5) экономическая эффективность: общий уровень рентабельности проектов показывает увеличение на 25–60 %, что связано с ростом добычи, снижением затрат и более быстрой окупаемостью инвестиций.

Время окупаемости скважин при использовании новых технологий сокращается на 20–30 %, что способствует более быстрому возврату инвестиций.

Данные оценки являются ориентировочными и требуют уточнения при анализе конкретных месторождений и технологий.

### **Заключение**

Новые технологии, такие как горизонтальное бурение и ГРП, преобразуют традиционные методы добычи углеводородов, обеспечивая устойчивое развитие и эффективность. Применение компьютерного моделирования, робототехники и современных методов управления предлагает широкие перспективы для изменений, которые могут привести к снижению затрат, увеличению объемов добычи и минимизации воздействия на окружающую среду.

Основные тренды в этой области подчеркивают необходимость постоянного инновационного подхода и адаптации к меняющимся условиям мирового рынка углеводородов. В будущем горизонтальное бурение станет неотъемлемой частью стратегии добычи, способствуя более устойчивому и эффективному использованию природных ресурсов. Их внедрение не только увеличивает коэффициент извлечения ресурсов, но и оказывает значительное влияние на экономику и экосистему. С дальнейшим развитием данных технологий углеводородная отрасль сможет преодолеть текущие вызовы и гарантировать более устойчивое будущее.

### **Список источников**

1. Что такое ГНБ: технология горизонтального направленного бурения. URL: <https://prokolshik.ru/articles/chto-takoe-gnb/> (дата обращения: 01.09.2025).  
2. Hasan M. Z., Uddin M. S., Kabir M. A. Recent Advances in Innovative Textile Materials: A Review // Journal of Textile and Apparel, Technology and Management. 2015. N. 9 (1). P. 23–35.  
3. Singh A., Jain P. K. Innovations in Textile Manufacturing: Use of New Materials and Technologies // Handbook of

Research on Recent Innovations in Textiles Engineering and Processing, IGI Global. 2017. P. 31–44.  
4. Новые технологии ГПБ. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/nefteservis/547374-novye-tehnologii-grp/> (дата обращения: 01.09.2025).  
5. Mohanty B. N., Agarwal R., Ojha S. Sustainable Textile Innovation: Review and Analysis // International Journal of Life-Cycle Assessment. 2016. N. 21 (4). P. 543–555.

## References

1. *Chto takoe GNB: tehnologija gorizontal'nogo napravlen'nogo burenija* [What is HDD: horizontal directional drilling technology]. Available at: <https://prokolshik.ru/articles/chto-takoe-gnb/> (accessed: 01.09.2025).
2. Hasan M. Z., Uddin M. S., Kabir M. A. Recent Advances in Innovative Textile Materials: A Review. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 2015, no. 9 (1), pp. 23-35.
3. Singh A., Jain P. K. Innovations in Textile Manufacturing: Use of New Materials and Technologies. *Handbook of Research on Recent Innovations in Textiles Engineering and Processing*, IGI Global, 2017, pp. 31-44.
4. *Novye tehnologi GRP* [New hydraulic fracturing technologies]. Available at: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/nefteservis/547374-novye-tehnologii-grp/> (accessed: 01.09.2025).
5. Mohanty B. N., Agarwal R., Ojha S. Sustainable Textile Innovation: Review and Analysis. *International Journal of Life-Cycle Assessment*, 2016, no. 21 (4), pp. 543-555.

Статья поступила в редакцию 04.07.2025; одобрена после рецензирования 09.09.2025; принята к публикации 24.09.2025  
The article was submitted 04.07.2025; approved after reviewing 09.09.2025; accepted for publication 24.09.2025

## Информация об авторах / Information about the authors

**Жанна Ибрагимовна Нурмакова** – кандидат биологических наук; доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений; Астраханский государственный технический университет; [nurmak@yandex.ru](mailto:nurmak@yandex.ru)

**Рената Серикқызы Мерамгалиева** – студент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений; Астраханский государственный технический университет; [ms.renaissance@mail.ru](mailto:ms.renaissance@mail.ru)

**Олег Павлович Митрофанов** – студент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений; Астраханский государственный технический университет; [Visxo2015@yandex.ru](mailto:Visxo2015@yandex.ru)

**Janna I. Nurmakova** – Candidate of Biological Sciences; Assistant Professor of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields; Astrakhan State Technical University; [nurmak@yandex.ru](mailto:nurmak@yandex.ru)

**Renata S. Meramgaliyeva** – Student of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields; Astrakhan State Technical University; [ms.renaissance@mail.ru](mailto:ms.renaissance@mail.ru)

**Oleg P. Mitrofanov** – Student of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields; Astrakhan State Technical University; [Visxo2015@yandex.ru](mailto:Visxo2015@yandex.ru)

