

На правах рукописи



**МАЗУРЧУК ТИМОФЕЙ МИХАЙЛОВИЧ**

**НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ  
ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ РЕСУРСОВ**

Специальность 5.2.3.

Региональная и отраслевая экономика

(экономика промышленности)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

**Москва - 2024**

Диссертация выполнена на кафедре национальной экономики экономического факультета ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы» (РУДН).

Научный руководитель: кандидат экономических наук, доцент  
**Черняев Максим Васильевич**,  
доцент кафедры национальной экономики  
экономического факультета РУДН

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор  
**Комзолов Алексей Алексеевич**,  
заместитель генерального директора по науке  
ООО «Научно-исследовательский институт  
экономики и организации управления в газовой  
промышленности» (ООО «НИИгазэкономика»)

кандидат экономических наук  
**Лебедева Наталия Евгеньевна**,  
доцент Департамента отраслевых рынков ФГБОУ  
ВО «Финансовый университет при Правительстве  
Российской Федерации»

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Государственный университет  
управления»**

Защита состоится «24» апреля 2024 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета ПДС 0600.003 при РУДН по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Зал Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в Учебно-научном информационном библиотечном центре РУДН по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.

Электронная версия автореферата и объявление о защите диссертации размещены на официальном сайте РУДН <http://dissovet.rudn.ru> и отправлены для размещения на официальном сайте ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ.

Автореферат разослан «20» марта 2024 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Ж.Г. Голодова

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** На протяжении последних десятилетий углеводороды оставались основной движущей силой мировой экономики, обеспечивая тепловую и энергетическую потребность промышленности, транспорта и быта. С учетом постоянного роста мирового потребления энергии и одновременного уменьшения легкоизвлекаемых запасов нефти и газа проблема поиска альтернативных источников разработки углеводородов и методов их добычи становится все более значимой. Одним из перспективных направлений является освоение трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов, которые, по разным оценкам, составляют от 45% до 55% мировых запасов. Их доля в общем объеме добычи постоянно увеличивается.

Несмотря на обширный потенциал этих ресурсов, добыча сопряжена с рядом экономических и технических сложностей. Если не учитывать проблемы технологической базы, при которой ряд углеводородных запасов невозможно извлечь из недр, то современные инструменты добычи часто требуют больших капиталовложений и затрат на адаптацию к конкретным условиям. При этом риски несоответствия ожиданиям по объему добычи и экономической эффективности остаются высокими. Данные факторы оказывают негативное влияние на формирование себестоимости добычи – один из ключевых экономических показателей, который является значимым для определения доходности месторождения, сроков окупаемости, временного цикла его использования и потенциальной получаемой прибыли.

С учетом этого тема данной диссертации приобретает особую актуальность для современной России. Исследование нацелено на разработку экономических инструментов и стратегий технологического и экономического развития компаний, которые могут увеличить рентабельность проектов в этой сфере, снизить финансовые риски и способствовать привлечению инвестиций в технологическую базу снижения себестоимости извлечения полезных нефтегазовых ископаемых из недр, а также предложения для государственных структур и научной сферы.

**Степень разработанности проблемы.** Теоретическая и методологическая база диссертационной работы сформирована с учетом классических трудов экономистов и таких ученых, как: М. Портер, Дж. М. Кейнс, Дж. К. Гэлбрейт, А. Маршалл, И. Фишер; российских ученых и научных коллективов: Телегиной Е.А., Иллерицкого Н.И., Миловидова К.Н., Конопляника А.А., Катюхи П.Б., Еремина С.В., Мастепанова А.М., Козеняшевой М.М., коллективов авторов РГУ нефти и газа: Студеникиной Л.А., Халова Г.О., Иллерицкого Н.И., также Гурари Ф.Г., Контаровича И.Е., Строганова Ю.С., Крюкова В.А. и Афанасьева В.Я. в анализе экономической эффективности добычи углеводородов; а также трудов иностранных экономистов и научных исследователей: Л. Киллиана, научного коллектива Чарльза Ф. Мэнсона, Малов И., Муэхленбах А., Шэйлы М. Олмстед.

Несмотря на широкую теоретическую базу, вопросы повышения

экономической эффективности добычи трудноизвлекаемых углеводородов требуют дальнейшего изучения и детальной проработки программы и межрегиональной платформы обмена данными в целях разработки практических рекомендаций.

В контексте российского нефтегазового комплекса тема бесспорно актуальна, так как нефтегазовая продукция занимает более 21% российского валового внутреннего продукта (ВВП), а доходы от экспорта углеводородов вносят значительный вклад в консолидированный бюджет России. От стабильности и положительной динамики в нефтегазовом комплексе (НГК) России может зависеть государственное и социальное благополучие. Несмотря на большое количество трудов, посвященных проблемам эффективного извлечения углеводородов, стоит подчеркнуть, отсутствие устойчивого современного определения трудноизвлекаемых запасов, а также методов повышения экономической эффективности, использующих принципы комбинирования традиционных и инновационных технологий интенсификации добычи.

**Область исследования.** Диссертационное исследование соответствует п. 2.1. Теоретико-методологические основы анализа проблем промышленного развития; п. 2.2. Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности; п. 2.3. Ресурсная база промышленного развития; п. 2.16. Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах. Паспорта специальности ВАК РФ 5.2.3. – Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности).

**Объект исследования** – трудноизвлекаемые ресурсы нефтегазового комплекса России.

**Предмет исследования** – экономические отношения, возникающие в процессе добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов России.

**Цель диссертационного исследования:** выявить направления повышения экономической эффективности добычи трудноизвлекаемых углеводородов в нефтегазовом комплексе России.

**Задачи:**

1. обобщить опыт теоретических исследований в области добычи углеводородных ресурсов и дать авторское определение трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов (ТНГР);

2. провести сравнительный анализ технологий и средств добычи трудноизвлекаемых углеводородов на мировом и российском рынках;

3. проанализировать основные факторы, влияющие на эффективность добычи трудноизвлекаемых углеводородов в России;

4. определить инвестиционный потенциал и оценить окупаемость затрат на технологии интенсификации добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов;

5. выявить эффективные инструменты межрегионального обмена экономической и технологической информацией по добыче трудноизвлекаемых углеводородов;

6. сформировать предложения по повышению экономической эффективности добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов.

**Гипотеза диссертационного исследования** сформулирована на основе убеждения автора в том, что эффективное применение технологий добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов в совокупности с межрегиональной платформой обмена данными и программой, анализирующей экономическую эффективность технологий добычи, позволит снизить себестоимость добычи и повысить доступность трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов в регионах с наиболее сложными климатическими и природно-географическими условиями, что, в свою очередь, будет способствовать повышению экономической эффективности функционирования нефтегазового комплекса России.

**Научная новизна диссертационного исследования** состоит в теоретических, методических и концептуальных положениях, отраженных в диссертационном исследовании, а также в рекомендациях автора по выявлению направлений повышения экономической эффективности добычи трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ) углеводородов.

- Сформулирован авторский термин трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов (ТНГР), проанализированы особенности добычи трудноизвлекаемой нефти и природного газа, выделены и систематизированы современные технологии добычи, а также классифицированы условия функционирования российского и мирового НК (п. 2.1. Теоретико-методологические основы анализа проблем промышленного развития);

- даны рекомендации по созданию универсальной основы межрегиональной платформы обмена экономической и технологической информацией по добыче трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов (п. 2.2. Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности);

- создана программа анализа эффективности применения технологий добычи и интенсификации добычи ТНГР российских скважин (п. 2.16. Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах.);

- представлены сценарии развития нефтегазового комплекса России (п. 2.3. Ресурсная база промышленного развития);

- проведен анализ эффективности инвестиций в разработку ТНГР российских скважин на этапах геологоразведочных работ, добычи и интенсификации добычи в условиях экономических колебаний и дифференциации природно-географических условий с учетом неоднородности проницаемости грунта. (п. 2.3. Ресурсная база промышленного развития).

В настоящем исследовании создана и апробирована программа, на основе которой оценивается экономический эффект от применения технологий интенсификации добычи углеводородов на примере конкретных месторождений

России. Также в работе предложены этапы для создания и развития платформы межрегионального обмена экономическими и технологическими данными по добыче ТНГР для стимулирования развития технологической базы НГК России.

**Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования** заключается в развитии теории эффективного использования ресурсов на примере интенсификации добычи ТНГР, теории конкурентных преимуществ на основе снижения себестоимости добычи и повышения интенсивности извлечения ТНГР, обобщении теоретического опыта в области функционирования нефтегазового комплекса и добычи трудноизвлекаемых углеводородов, выявлении новых тенденций совершенствования путей интенсификации добычи ТНГР в России.

Основные выводы и заключения могут быть предложены и реализованы на практике на предприятиях нефтегазового комплекса России при решении задач оптимального подбора и определения экономической эффективности технологий интенсификации добычи на скважинах с трудноизвлекаемым нефтегазовым сырьем. Рекомендации в части создания межрегиональной платформы обмена экономическими и технологическими данными представляются актуальными для органов государственной власти, регионального и местного самоуправления при формировании стратегии технологического суверенитета в НГК и стратегии долгосрочного развития нефтегазовой промышленности России.

Результаты исследования, выраженные в программе отбора эффективных технологий интенсификации добычи нефтегазового сырья, могут быть интересны инвесторам при геологоразведочных работах, а также на этапе определения технологического комплекса интенсификации добычи. Материалы диссертации могут быть использованы в преподавании ряда учебных дисциплин, связанных с экономикой энергетической сферы, таких как «Современная промышленная политика», «Экономика топливно-энергетического комплекса», «Экономика сырьевых и энергетических отраслей», «Smart-экономика».

**Теоретической и методологической базой** являются известные российские и зарубежные научные труды по тематике развития нефтегазового комплекса и эффективности добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов в области изучения традиционного и инновационного инструментария интенсификации добычи нефтегазовых ресурсов; исследования, целью которых являлись разработки и внедрения современных моделей повышения экономической эффективности извлечения углеводородов из скважин, а также работы, посвященные научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам в добычи ТНГР в мировой практике.

**Информационно-статистической базой исследования** являются данные Федеральной службы государственной статистики России, статистики Министерства энергетики РФ, информационно-статистические базы других стран и межгосударственных объединений, включая над- и межстрановые организации: Международное энергетическое агентство (IEA), Всемирный банк (World Bank), статистику Организации Объединенных Наций (Unctad stat), статистику европейской энергетической комиссии (EEC), базы данных

Организации стран-экспортеров нефти (ОПЕС). Также в работе используются законодательные акты России и других стран мира, комментарии и мнения экспертов нефтегазового комплекса, аналитические и статистические данные компаний: «BP», «Shell», «Saudi Aramco», ПАО «Газпром-Нефть», ПАО «Роснефть», ПАО «Лукойл», ПАО «Сургутнефтегаз» и др.

**Методы исследования.** Исследование базируется на принципах комплексного системного подхода. В качестве основных методов, примененных в теоретической части диссертационного исследования, используются историографический и статистический методы, метод изучения и систематизации терминологии, нормативно-правовых актов, экономических тенденций и принципов формирования и определения трудноизвлекаемых углеводородов, а также инструментарий структурно-функционального анализа. Эмпирическая часть выполнена с использованием методов эконометрического моделирования, программного и платформенного подходов с учетом влияния цифровых технологий и нейросетевых инструментов.

**Основные научные результаты, выносимые на защиту и содержащие элементы научной новизны:**

1. Дано определение трудноизвлекаемым нефтегазовым ресурсам (ТНГР).

Трудноизвлекаемые нефтегазовые ресурсы (далее ТНГР) — это добываемые углеводороды, расположенные на геологически сложных, труднодоступных или уникальных месторождениях, включая плотные сланцы, глубоководные зоны и арктические условия, которые из-за своих особенностей или географического положения требуют применения эффективных технологий, инновационных методов и подходов к геологической разведке и интенсификации добычи и не могут быть эффективно добыты традиционными методами из-за высокой себестоимости их извлечения.

2. Определены особенности применения инструментов повышения экономической эффективности добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов России и предложены методы их оценки и интеграции в существующую инфраструктуру.

При определении особенностей применения инструментов повышения экономической эффективности добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов отобраны данные о функционировании 20 скважин российских недропользователей, на которых проведены расчеты экономической эффективности применения различных технологий, повышающих коэффициент извлечения нефти (КИН) и снижающих себестоимость выходного сырья: опытная оценка Арктических месторождений, месторождений Баженовской свиты, Восточной и Западной Сибири. Выборка по скважинам представляет собой сумму опытных оценок из четырех групп месторождений. Была определена также зависимость изменения показателей экономической эффективности от применения инструментария геологоразведки и проведения первичного бурения при сравнении использования человеческих ресурсов и нейросетевых инструментов для оценки и подтверждения потенциала скважины,

от технологий интенсификации добычи нефтегазового сырья методами гидроразрыва пласта (ГРП, включая многостадийный (МГРП)), технологий плазменно-импульсного воздействия (ПИВ) и инвестиций в технологические инновации интенсификации добычи в целом.

3. Представлены сценарии развития нефтегазового комплекса России с учетом повышения доли трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов в общем объеме добычи.

Автор представляет три сценария развития по системе ОБП: оптимистичный, базовый и пессимистичный, которые включают в себя тенденции на рынке нефтегазовых ресурсов, проанализированные и представленные как автором, так и на основе экспертных оценок частных и государственных организаций. Выделенные сценарии также демонстрируют необходимые пути повышения экономической эффективности добычи ТНГР с учетом прогнозной динамики цен на нефть и природный газ.

4. Предложены этапы и принципы создания платформы для межрегионального обмена экономико-технологической информацией по добыче трудноизвлекаемых углеводородных ресурсов.

Разработана межрегиональная платформа обмена экономико-технологической информацией по добыче ТНГР, включающая в себя этапы внедрения и анализа эффективности работы. Пять основных этапов позволяют оценить технологический проект интенсификации добычи при взаимном использовании участниками платформы. На первом этапе оценивается экономический потенциал ТНГР региона и условий внедрения технологий в НГК. На втором этапе интегрируются технологии интенсификации добычи, анализируется влияние технологий на производственные затраты и рентабельность. Происходит обмен данными и выводами на платформе. На третьем этапе все участники внедряют тестовую модель по каждой технологии на скважинах с учетом данных предыдущих итераций. На четвертом этапе производственные затраты и индекс рентабельности каждого региона обновляются на основе параметров внедренной технологии. Формируется стратегия долгосрочного применения технологий интенсификации добычи. На пятом этапе регионы сравнивают эффективность и корректируют свои методы интенсификации добычи.

Учтена возможность совместного использования данных участниками платформы, позволяющая не только ускорить темпы внедрения инноваций, но и снизить риски, связанные с их адаптацией, учитывающие интересы как недропользователя, так и государства. Сотрудничество на принципах взаимодействия бизнеса и государства способствует созданию общих стандартов и методик, упрощающих процесс взаимодействия, и позволяет использовать общие метрики для оценки эффективности и выявления потенциала разработки ТНГР.

Также выделены основные принципы формирования платформы, которые включают в себя принцип стандартизации больших данных (применение протоколов «Big Data»), открытый доступ к информации для всех участников



(принципы открытости «Open Source» и информационной безопасности на основе технологии «Blockchain»), принципы заключения сделок по системе «smart»-контракты, также механизмы для применения и оценки эффективности новых технологий и методик, включающие предложенную авторскую программу.

5. Создана и апробирована программа анализа эффективности инвестиций в разработку трудноизвлекаемых нефтегазовых запасов в России.

При создании автором программы были изучены технологии интенсификации добычи углеводородов на основе мировых и российских технологий. В модели были выделены и использованы наиболее актуальные и экономически эффективные методы интенсификации добычи, применяемые к российским особенностям добычи в НГК. Также были скомбинированы технологии интенсификации добычи для получения наилучшего экономического результата на скважине. Результаты исследования представляют интерес не только для академического сообщества, но и для сотрудников в области нефтегазовой промышленности: менеджеров, аналитиков и инвесторов, которые стоят перед задачей оптимизации расходов и повышения эффективности вложений в разработку «сложных» нефтегазовых месторождений.

6. Сформулированы предложения по формированию рентабельной добычи трудноизвлекаемых запасов в России.

Предложения для формирования рентабельной добычи, учитывающие: 1. использование программы с основными параметрами оптимизации работы скважины на основе инструментов интенсификации добычи и комбинирования методов интенсификации добычи с наименьшим негативным воздействием на окружающую среду; 2. взаимодействие государства и недропользователя посредством межрегиональных платформ; 3. анализ воздействия инструментов интенсификации добычи на работу различных типов скважин с подтвержденными запасами ТНГР; 4. применение нейросетевых инструментов геологоразведки и анализа потенциала добычи скважины; 5. инвестиции в формирование технологического суверенитета технологий добычи ТНГР и стимулирование малого бизнеса в сфере инновационного развития НГК, в том числе для решения технологических задач на месторождениях со сложными географическими и природно-климатическими условиями.

Предложенная в работе совокупность направлений позволяет снизить себестоимость добычи и оптимизировать интенсивность извлечения нефтегазового сырья. В результате проведенных этапов настоящего исследования были сформулированы возможные направления повышения экономической эффективности разработки ТНГР.

**Обоснованность и достоверность основных положений** диссертационного исследования обеспечиваются использованием результатов теоретических и практико-ориентированных трудов ученых, занимающихся проблематикой экономики нефтегазового комплекса и экономическими вопросами добычи ТНГР. Результаты исследования, сформулированные в форме выводов, предложений и рекомендаций, были получены с помощью

современных методов обработки информации и актуальных подходов к проведению научных исследований в области экономики при использовании нормативной правовой базы, государственных и корпоративных статистических информационных массивов данных.

#### **Апробация результатов диссертационного исследования.**

Обсуждение полученных научных результатов проходило на кафедре национальной экономики экономического факультета Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, на научно-практических конференциях и научных семинарах, круглых столах, а также при внедрении научных разработок в практическую деятельность. Результаты были опубликованы в виде научных статей. Основные положения получили признание в научной среде.

Ключевые положения и выводы, а также основные практические рекомендации, полученные в результате проведенного исследования, были изложены автором на научно-практических конференциях и конгрессах, в том числе (за период 2020-2023 гг.):

- XXV Международный онлайн Форум-конгресс «Новые высокие технологии для газовой и нефтяной промышленности, энергетики и связи» CITOLOGIC-2020, Международная академия технологических наук, Москва, декабрь 2020 года.

- I Общенациональная Премия им. Христофора Леденцова, Москва, декабрь 2021 год.

- VII Всероссийская научно-практическая конференция «Экономика отраслевых рынков: формирование, практика и развитие», Москва, январь 2023 год.

Автором опубликовано 46 статей, из которых по тематике диссертационного исследования: 2 работы в журнале, рецензируемом в Scopus, 1 работа в журнале, рецензируемом в WoS, 4 работы опубликованы в научных изданиях, входящих в перечень ВАК, перечень РУДН (доля автора 1,638 п.л.).

Автор принимал участие в 6 инициативных научно-исследовательских работах, в том числе:

- 1) Инициативная научно-исследовательская работа экономического факультета РУДН на базе кафедры Национальной экономики: № 061606–0-000 на тему: «Совершенствование механизмов контроля формирования цены на нефть марок Brent и Urals как условие укрепления энергетической безопасности России» (срок выполнения: 01.04.2020 - 31.12.2020 г.).

- 2) Инициативная научно-исследовательская работа № 203175–0-000 на тему: «Инструменты развития нефтегазового комплекса России в условиях перемен», выполняемая на базе кафедры Национальной экономики экономического факультета РУДН (срок выполнения: 15.04.2023 г. – 31.12.2023 г.).

**Логика и структура диссертационного исследования** задаются целью диссертации и определяются последовательностью поставленных задач. Работа состоит из введения, девяти параграфов, объединенных по три в три главы,

заклучения, списка литературы и блока приложений. Диссертация содержит 194 страницы текста, 25 рисунков, 23 таблицы, 3 формулы. Список литературы, использованный при написании данной работы, состоит из 112 наименований.

## II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1. Дано определение трудноизвлекаемым нефтегазовым ресурсам (ТНГР).

Термин «трудноизвлекаемые запасы» характеризует особенности добычи ресурсов, которые не могут быть эффективно добыты с использованием традиционных методов и технологий. Для их добычи часто требуются специализированные, инновационные технологии и значительные инвестиции. Термин «трудноизвлекаемые нефтегазовые ресурсы» (ТНГР) уточняет область применения и технологическую базу добычи именно «трудных» нефтегазовых ресурсов. Общепринятое универсальное определение данного понятия, сформированное международным научным сообществом, отсутствует (рис. 1).

Для формирования нового понятия были изучены факторы, которые имеют высокую значимость как с точки зрения государства, так и недропользователя, а также отмеченные факторы, которые отсутствуют в современных толкованиях и определениях трудноизвлекаемых запасов углеводородов.



Рисунок 1. Составляющие трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов (ТНГР)

Источник: составлено автором по данным Всемирные запасы нефти, региональные особенности добычи <https://www.worldoil.com/magazine/2020/february-2020/special-focus/2020-forecast-u-s-reserves/>, Добыча трудноизвлекаемых и неизвлекаемых запасов нефти с помощью технологии смесей [https://geors.ru/media/pdf/2\\_Alexandrov\\_en.pdf](https://geors.ru/media/pdf/2_Alexandrov_en.pdf), Проект «Бажен» <https://tc-bazhen.ru/static/achievements>

Сложность в добыче данных запасов состоит из двух ключевых элементов: технологическая и физическая возможность извлечь ресурсы из недр и стоимость извлечения данных ресурсов. Геологические сложности могут включать в себя наличие углеводородов в непроницаемых породах, как в случае со сланцевой нефтью и газом, или в затрудненных условиях, как на морских месторождениях,

на большой глубине или в арктических условиях. Технологические сложности связаны с необходимостью использования более сложных и дорогих методов добычи, таких как: горизонтальное бурение или ГРП. Экономические проблемы включают в себя ситуации, когда затраты на добычу превышают стоимость полученного продукта, делая процесс нерентабельным без применения новых технологий или изменения рыночных условий.

Сформулировано более емкое определение, включающее ряд уточнений. Трудноизвлекаемые нефтегазовые ресурсы (ТНГР) — это добываемые углеводороды, расположенные на геологически сложных, труднодоступных или уникальных месторождениях, включая плотные сланцы, глубоководные зоны и арктические условия, которые из-за своих особенностей или географического положения требуют применения эффективных технологий, инновационных методов и подходов к геологической разведке и интенсификации добычи и не могут быть эффективно добыты традиционными методами из-за высокой себестоимости их извлечения.

В этой связи именно снижение себестоимости добычи сырья является ключевым фактором, определяющим соотношение «легких» и трудноизвлекаемых запасов углеводородов, так как высокая рентабельность добычи исключает труднодоступность нефтегазовых ресурсов и, со временем, определение тех или иных месторождений к трудноизвлекаемым может измениться благодаря более совершенной и менее экономически затратной технологии извлечения данного сырья.

## **2. Определены особенности применения инструментов повышения экономической эффективности добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов России и предложены методы их оценки и интеграции в существующую инфраструктуру.**

При определении особенностей применения инструментов повышения экономической эффективности добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов были отобраны для анализа данные о функционировании 20 скважин российских недропользователей, на которых были проведены расчеты экономической эффективности применения различных технологий, повышающих коэффициент извлечения нефти (КИН) и снижающих себестоимость выходного сырья: опытная оценка Арктических месторождений, месторождений Баженовской свиты, Восточной и Западной Сибири. Выборка по скважинам представляет собой сумму опытных оценок из 4 (четырёх) групп месторождений.

Снижение себестоимости добычи углеводородов является одной из наиболее значимых задач эффективного развития НГК. Экономика любого производственного процесса опирается на принцип оптимизации затрат, и добыча углеводородов не является исключением. При снижении затрат на добычу предприятиям удастся обеспечивать высокую рентабельность даже при низких ценах на рынке, что делает их более устойчивыми к экономическим шокам. Это также позволяет компаниям реинвестировать прибыль в исследования и разработку, открывая двери для новых инноваций и технологий,

которые в долгосрочной перспективе могут снизить себестоимость и улучшить эффективность добычи.

Оценка технологий снижения себестоимости добычи углеводородов на скважинах происходит на основе отобранных технологий интенсификации добычи нефтегазового сырья методами гидроразрыва пласта (ГРП, включая многостадийный (МГРП)), технологий плазменно-импульсного воздействия (ПИВ) и инвестиций в технологические инновации интенсификации добычи. Для оценки проведен отбор из ряда российских скважин в регионах со сложными природно-географическими и климатическими условиями, а также с низкой проницаемостью грунта (табл. 1).

Таблица 1

Оценка экономической эффективности разработки ТНГР в зависимости от инвестиций в методы интенсификации добычи

Метод оценки: метод наименьших квадратов				
Выборка по скважинам: 1–20 – 5х1 (Арктических месторождений) + 5х1 (Баженовской свиты) + 5х1 (Восточной Сибири) + 5х1 (Западной Сибири)				
	Расчетный коэффициент	Стандартная ошибка	Оценка значимости средних величин	Вероятность ошибки
Комбинирование методов интенсификации добычи	1,66021	0,12827	11,49303	0,0013
Интенсификация добычи методом ГРП (включая МГРП)	1,19722	0,01839	15,23044	0,0012
Интенсификация добычи методом ПИВ	1,24687	0,00382	14,56879	0,1501
Снижение себестоимости добычи 1 барреля нефти	1,19840	0,01123	14,23953	0,1809

Источник: составлено автором на основе Арктический шельф и трудноизвлекаемые запасы нефти как альтернативный вариант развития ресурсной базы России <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.201800313>, ПАО «Роснефть» развитие технологий ТРИЗ <https://www.rosneft.com/press/news/item/192847/>

При проведении корреляционного исследования были проанализированы отчеты о добыче из 20 скважин: опытная оценка Арктических месторождений, опытная оценка месторождений Баженовской свиты, опытная оценка месторождений Восточной Сибири, опытная оценка месторождений Западной Сибири. В качестве показателя технологического прогресса были использованы параметры стандартной разработки скважины и затраты на дополнительные исследования месторождений с целью выбора наиболее эффективного метода добычи, включая применение специализированных технологий геоанализа и добычи.

Таким образом, каждая единица вложений в комбинированный метод интенсификации добычи ТНГР в среднем увеличивает доход от использования данного метода в 1,66 раза. Первым применяется метод ГРП (МГРП). В последствии происходит очистка скважины методом ПИВ. Применение метода ГРП, включая технологию МГРП, увеличивает средний доход в 1,197 раза.

Плазменно-импульсное воздействие увеличивает дополнительный доход на единицу затрат в 1,246 раза.

На основе Таблицы 1 было проведено дополнительное исследование, в котором объединены данные по технологиям интенсификации добычи и общему индексу технологического развития, учитывая зависимость от динамики цен на марку «Urals» и ее влияние на общую прибыль проекта (табл. 2).

Таблица 2

Матрица корреляционных пар показателей цены на нефть марки «Urals» технологии интенсификации добычи и прибыли от разработки скважин с ТНГР

Выборка по скважинам: 1-20 – 5x1 (опытная оценка Арктических месторождений) + 5x1 (опытная оценка месторождений Баженовской свиты) + 5x1 (опытная оценка месторождений Восточной Сибири) + 5x1 (опытная оценка месторождений Западной Сибири)			
	Стоимость цены на баррель «Urals»	Технологии интенсификации добычи ТНГР: ГРП, (МГРП) и ПИВ	Прибыль
Технологии интенсификации добычи и разработки ТНГР: ГРП (МГРП), ПИВ	0.6322	1.0000	
	9.4939	-----	
	0.0000	-----	
Прибыль	0.9156	0.8436	1.0000
	4.4654	11.5645	-----
	0.2310	0.0000	-----

Источник: составлено автором на основе Арктический шельф и трудноизвлекаемые запасы нефти как альтернативный вариант развития ресурсной базы России <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.201800313>, ПАО «Роснефть» развитие технологий ТРИЗ <https://www.rosneft.com/press/news/item/192847/>

Согласно данным таблицы 2 можно сделать вывод о том, что изменения цены нефти значительно влияют на применение технологий интенсификации добычи ТНГР: ГРП (МГРП) и ПИВ (0,8436). При анализе показателей прибыли и цены на нефть есть вероятность ошибки (0,2310), что указывает на наличие небольшого количества исключений, когда при изменении цен прибыль на месторождении не снижалась. Оценка выборки по скважинам демонстрирует положительные технические и экономические показатели. При относительно низких операционных и инвестиционных затратах проект показывает высокую экономическую эффективность.

### 3. Представлены сценарии развития нефтегазового комплекса России с учетом повышения доли трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов в общем объеме добычи.

Автор представляет три сценария развития по системе ОБП: оптимистичный, базовый и пессимистичный, которые включают в себя тенденции на рынке нефтегазовых ресурсов, проанализированные и представленные как автором, так и на основе экспертных оценок частных и

государственных организаций. Выделенные сценарии также демонстрируют необходимые пути повышения экономической эффективности добычи ТНГР с учетом потенциальной динамики цен на нефть и природный газ.

Кроме того, в работе проводится изучение эффективности разработки трудноизвлекаемых углеводородных запасов, исходя из текущих и прогнозируемых тенденций на мировом рынке. Путем сравнения различных сценариев в работе предлагаются рекомендации для повышения конкурентоспособности российского нефтегазового сектора (табл. 3). В России стабильно повышается доля ТНГР в общем объеме добываемой нефти и природного газа. Будущая динамика будет во многом зависеть от цен на нефть на мировом рынке. Если цены будут низкими, это может сократить стимулы для инвестиций в добычу трудноизвлекаемых запасов.

Таблица 3

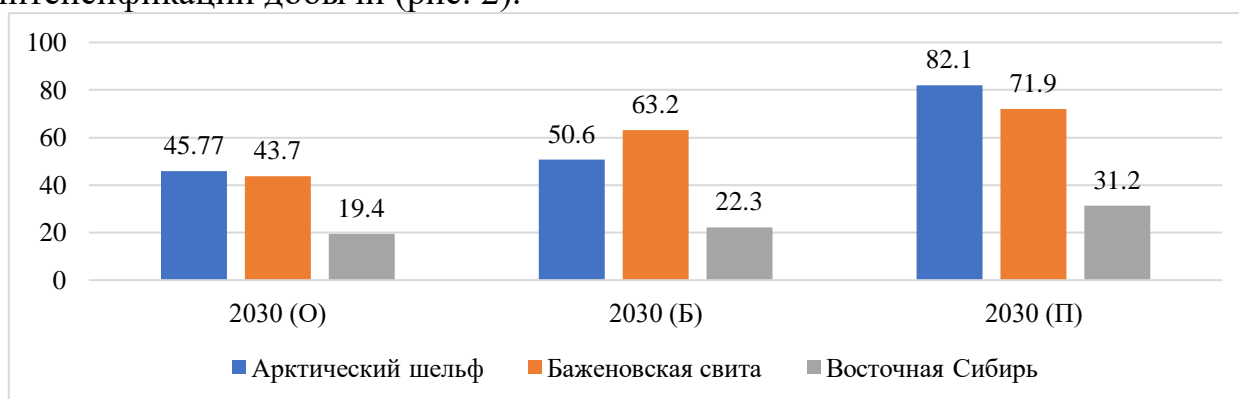
Динамика структуры добычи нефти в России до 2040 года, в ед. месторождений

Показатели	2015	2020	2025*	2030*	2035*	2040*
Действующие месторождения	469	417	394	371	348	325
ТНГР наземной зоны (Баженовские месторождения и Восточно-Сибирские)	33	44	56	68	80	92
Арктические регионы, включая месторождения на шельфе	17	35	40	45	50	55

\* - прогнозные значения ФСГС РФ

Источник: составлено автором на основе Федеральная служба государственной статистики  
<https://www.gks.ru/>

В то же время высокие цены могут стимулировать дополнительные инвестиции в эту область. Составлено три варианта сценариев развития стоимости добычи барреля нефти в трех исследуемых в работе регионах. Западно-Сибирский очаг не используется из-за значительных различий в стоимости добываемого сырья. Данные являются усредненным показателем по действующим месторождениям, учитывая применение технологий интенсификации добычи (рис. 2).



\* (О) – Оптимистичный сценарий, (Б) – базовый сценарий, (П) – пессимистичный сценарий

Рисунок 2. Сценарии изменения стоимости добычи углеводородов в 3 регионах России к 2030 году, в долл. США.

Источник: составлено автором на основе Технологический центр «Бажен»  
<https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/tekhnologicheskiiy-tsentr-bazhen-obespechit-budushchee-rossiyskooy-neftyanyoy-promyshlennosti/>, Арктический шельф и трудноизвлекаемые

запасы нефти как альтернативный вариант развития ресурсной базы  
<https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.201800313>

При создании оптимистичного сценария подразумевается полное достижение показателей стратегии импортозамещения в НКР РФ до 2030 года, а также внедрение двухфазной интенсификации добычи. Базовый прогноз учитывает достижение показателей технологического суверенитета в 75% и более, а также использование однофазной интенсификации добычи с учетом подбора наиболее эффективного метода разработки. Пессимистический прогноз рассчитывает достижение технологического суверенитета менее чем в 50% и использование однофазной интенсификации добычи в отношении доступных методов интенсификации добычи.

Исходя из средневзвешенных данных прогнозов, можно ожидать, что в ближайшем будущем будет преобладать тенденция роста цен на нефть. Предполагается, что уже в первом квартале 2024 года баррель «Brent» может стабильно закрепиться на отметке свыше 82 долл. США. При условии углубления санкционных противоречий и ускоренного роста производства Китая и ряда развивающихся стран показатели могут преодолеть отметку в 85 долл. США за баррель, так как рынок не успевает нарастить объемы добычи, оптимально покрывающие спрос. А ряд решений, таких как санкционные ограничения на поставки российской, иранской нефти, сокращение добычи странами ОПЕК+, дестабилизирует потребительское равновесие и объективно повлияет на повышение цен на углеводороды.

Тем не менее особенностью современного нефтегазового рынка является также не всегда строгое выполнение достигнутых соглашений, к примеру, членами ОПЕК+, проявленное в том, что в 2019-2021 годах не был выполнен запланированный объем сокращения добычи на 44%. А иранская и российская нефть поставляется «серыми» каналами на рынок через страны-партнеры.

Проанализировав общую структуру нефтегазового комплекса и основные тенденции его развития, можно выстроить долгосрочный прогноз до 2040 года. Согласно имеющимся исследованиям и прогнозам, в общей структуре добычи углеводородов доля нефти может сократиться на 4%. Однако в абсолютных показателях потребление нефти и природного газа может заметно увеличиться. Вместе с тем в ближайшие десятилетия природный газ станет более значимым энергоносителем, что подтверждается политикой стран ЕС и Азии.

При позитивном прогнозе российский нефтегазовый комплекс сможет устойчиво функционировать благодаря высоким ценам на углеводороды и оптимальному спросу. При таком сценарии инвестиции и переход на активную разработку ТНГР будет замедлен, так как за счет высоких цен российские нефтегазовые компании смогут восполнять низкую эффективность работы ряда скважин значительной разницей между себестоимостью сырья и ценой реализации.

При базовом прогнозе российский нефтегазовый комплекс будет превышать точку безубыточности по большинству месторождений с ТНГР. Тем не менее инвестиции в проекты повышения эффективности добычи и снижения себестоимости станут стратегической задачей.



Государство и недропользователь будут находиться в конфликте между максимизацией выработки текущих запасов и использованием любого инструментария для извлечения нефти даже с учетом значительного негативного экологического эффекта со стороны недропользователя. И государство как получатель значительных финансовых отчислений от НГК будет стимулировать долгосрочные проекты НИОКР в снижении себестоимости и контроле над экологизацией добычи в совокупности с попытками сохранения бюджетной наполняемости от НГК.

В целом можно отметить, что технологические инновации в сфере нефтегазового комплекса развиваются не так быстро, как планировалось, и расходы на ее добычу увеличиваются из-за политических и экологических обстоятельств. При этом применение заменяющих источников энергии (включая альтернативную энергетику) интенсифицируется. В результате спрос на нефть может упасть, что повлияет на ее цену реализации. В такой обстановке к 2030 году цена на нефть может снизиться и зафиксироваться на отметках до 50 долл. США за баррель.

#### **4. Предложены этапы и принципы создания платформы для межрегионального обмена экономико-технологической информацией по добыче трудноизвлекаемых углеводородных ресурсов.**

Разработана межрегиональная платформа обмена экономико-технологической информацией по добыче трудноизвлекаемых углеводородных ресурсов, включающая в себя этапы внедрения и анализа эффективности работы. Пять основных этапов позволяют оценить технологический проект интенсификации добычи при взаимном использовании участниками платформы. На первом этапе оценивается экономический потенциал трудноизвлекаемых запасов региона и условий внедрения технологий в НГК. На втором этапе интегрируются технологии интенсификации добычи, анализируется влияние технологии на производственные затраты и рентабельность. Происходит обмен данными и выводами на платформе. На третьем этапе все участники внедряют тестовую модель по каждой технологии на скважинах с учетом данных предыдущих итераций. На четвертом этапе производственные затраты и индекс рентабельности каждого региона обновляются на основе параметров внедренной технологии. Формируется стратегия долгосрочного применения технологий интенсификации добычи. На пятом этапе регионы сравнивают эффективность и корректируют свои методы интенсификации добычи.

Учтена возможность совместного использования данных участниками платформы, позволяющая не только ускорить темпы внедрения инноваций, но и снизить риски, связанные с их адаптацией, учитывающие интересы как недропользователя, так и государства. Сотрудничество на принципах взаимодействия бизнеса и государства способствует созданию общих стандартов и методик, упрощающих процесс взаимодействия, и позволяет использовать общие метрики для оценки эффективности и выявления потенциала разработки ТНГР.

Также выделены основные принципы формирования платформы, которые включают в себя принцип стандартизации больших данных (применение протоколов «Big Data»), открытый доступ к информации для всех участников (принципы открытости «Open Source» и информационной безопасности на основе технологии «Blockchain»), принципы заключения сделок по системе «smart»-контракты, также механизмы для применения и оценки эффективности новых технологий и методик, включающие предложенную авторскую программу. Основными характеристиками для модели платформы являются:

1. Коэффициент реализации:

$$K_p = 1 * (1 + \text{КД}) * \left(\frac{1}{12}\right)$$

где  $K_p$  = Коэффициент реализации, представляет собой корректирующий множитель, который учитывает ставку дисконтирования (КД). Ставка дисконтирования, рассчитываемая как установленная потенциальная доходность на инвестированный капитал или средневзвешенной стоимости капитала (WACC).

2. Чистая приведенная стоимость (NPV) в коэффициенте (технологическая база) «OilDevelopmentSystem»\* классе:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1 + \text{discountrate})^{t/12}} - investment$$

\*название класса в программе расчетов автора.

где  $CF_t$  — денежный поток в момент времени  $t$  (месяц),  $T$  — общее число периодов. Для вычисления используется итеративный метод, в котором накопительный денежный поток вычисляется, пока не станет больше или равен нулю.

$$investment_{regionindex} = \frac{NPV + investments}{investments}$$

где  $investment_{regionindex}$  = индекс доходности инвестиций для определенного региона или проекта. NPV = Чистая приведенная стоимость (Net Present Value), Investments = общий объем инвестиций в проект.

В основе использован проект со схожими характеристиками, тестируемый на проекте платформы Бажен с учетом особенностей функционирования НГК России.

На основе выведенного решения возможно сформировать проект технологического обмена на межрегиональной платформе между двумя регионами. В основе проекта использованы данные по двум проектам разработки месторождений модификациями метода ГРП (табл. 4).

Таблица 4

Этапы создания проекта на межрегиональной платформе обмена экономико-технологической информацией по добыче трудноизвлекаемых углеводородных ресурсов

Этапы	Проект межрегионального кластера	Временная шкала
-------	----------------------------------	-----------------

<p>Этап 1: Начальный этап</p>	<p>Регион № 1 и Регион № 2. Присоединение к платформе обмена экономическими и технологическими данными. Регион №1. Производственная стоимость - 50, индекс рентабельности - 1.2 и запасы в 10,000. Регион № 2. Производственная стоимость - 45, индекс рентабельности - 1.3 и запасы в 8,000.</p>	<p>Год 1: Стартовый этап и сбор данных.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проводятся исследования для разработки новых технологий с учетом коммерческих наработок и государственных научных систем.</li> <li>• Регионы предоставляют отчеты о текущих методах добычи и их эффективности.</li> </ul>
<p>Этап 2: Интеграция технологий</p>	<p>Регион №1 использует метод ГРП с эффективностью 0.9 и низким экологическим воздействием. Регион №2 использует метод МГРП с эффективностью 0.85 и умеренным экологическим воздействием.</p>	<p>Год 2: Внедрение первой инновации. Оценка эффективности.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Анализируется влияние инновации на производственные затраты и рентабельность.</li> <li>• Регионы делятся данными и выводами на платформе.</li> </ul>
<p>Этап 3: Интеграция инновационных решений</p>	<p>Реализация технологии нейросетевой оптимизации скважин, которая снижает производственные затраты на 5% и увеличивает эффективность на 5%. Оба региона внедряют тестовую модель инновации на скважинах при помощи действующих НГК. Расширение и сотрудничество.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• К платформе присоединяются еще два региона.</li> </ul>	<p>Год 3: Внедрение второй инновации.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Появляется вторая инновация – 2-фазная интенсификация. Используется вторая технология повышения эффективности ПИВ, которая снижает экологическое воздействие и увеличивает эффективность на 3%.</li> <li>• Начинается фаза активного сотрудничества и обмена данными между всеми регионами.</li> </ul>
<p>Этап 4: Применение технологий и комбинация технологических решений</p>	<p>Регион №1 и Регион №2 применяют новую технологию. Производственные затраты и индекс рентабельности каждого региона обновляются на основе параметров новой инновации.</p>	<p>Стратегическое планирование.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• На основе данных последних лет регионы создают стратегии развития на следующие 5 лет.</li> </ul>
<p>Этап 5: Анализ и отчетность</p>	<p>Данные по каждому региону экспортируются в формате JSON* для дальнейшего анализа и принятия управленческих решений.</p> <p>* - JSON (JavaScript Object Notation) — текстовый формат данных, который используется для структурирования и обмена данными между сервером и клиентом или между различными приложениями.</p>	<p>Год 4: Обновление и диверсификация.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Внедряются новые инновации, проводятся корректировки стратегий.</li> <li>• Регионы сравнивают эффективность разных подходов и корректируют свои методы.</li> </ul>
<p>Результаты</p>	<p>Производственная стоимость</p>	<p>Развернутая имитация развития</p>

1-го цикла	Региона №1 снизится с 50 до 47.5 (50 * 0.95), а индекс рентабельности увеличится с 1.2 до 1.26 (1.2 * 1.05). Производственная стоимость Региона №2 снизится с 45 до 42.75 (45 * 0.95), а индекс рентабельности увеличится с 1.3 до 1.365 (1.3 * 1.05).	кластера. Итоговые результаты: • За 4 года производственные затраты и индекс рентабельности каждого региона значительно улучшились. • Благодаря сотрудничеству и обмену данными регионы смогли оптимизировать свои процессы и повысить эффективность.
------------	---	--

Источник: составлено автором на основе Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года <https://minenergo.gov.ru/node/1026>, Интенсификация водного следа гидроразрыва пласта (Экономика) <https://advances.sciencemag.org/content/4/8/ear5982.full>,

При анализе оба региона демонстрировали различные стартовые условия: Регион №1 имел немного большую производственную стоимость и меньший индекс рентабельности по сравнению с Регионом №2. Однако их сотрудничество и интеграция технологий МГРП и ПИВ, включая комбинированный метод, создали благоприятные условия для внедрения инновационных методов, таких как нейросетевая оптимизация скважин и геологоразведка на основе нейросетевого инструментария.

Эта инновация привела к существенным улучшениям в производственных показателях обоих регионов. Производственные затраты снизились на 5% в каждом регионе, повышая тем самым их конкурентоспособность и экономическую эффективность. Помимо этого, индекс рентабельности каждого региона также увеличился на 5%.

Совместная работа Региона №1 и Региона №2 в рамках платформы обмена данными демонстрирует улучшение экономической эффективности каждого региона и подтверждает возможность успешного межрегионального сотрудничества в области добычи ТНГР. Проект может быть использован как модель для дальнейшего расширения и интеграции с другими регионами, стремящимися к оптимизации своих производственных процессов и экономической эффективности.

## **5. Создана и апробирована программа анализа эффективности инвестиций в разработку трудноизвлекаемых нефтегазовых запасов в России.**

Программа, разработанная в ходе исследования, прошла практическую апробацию на реальных данных функционирования скважин, которая позволила оценить ее применимость и точность.

На основе использованных данных о функционировании скважин были получены результаты о потенциале использования методов интенсификации добычи на месторождениях. Из отобранных месторождений были использованы 5 месторождений для продолжительного анализа (срок 48 месяцев с момента применения технологий) и 15 месторождений в краткосрочном периоде (24 месяца с момента применения технологий) (рис. 3).

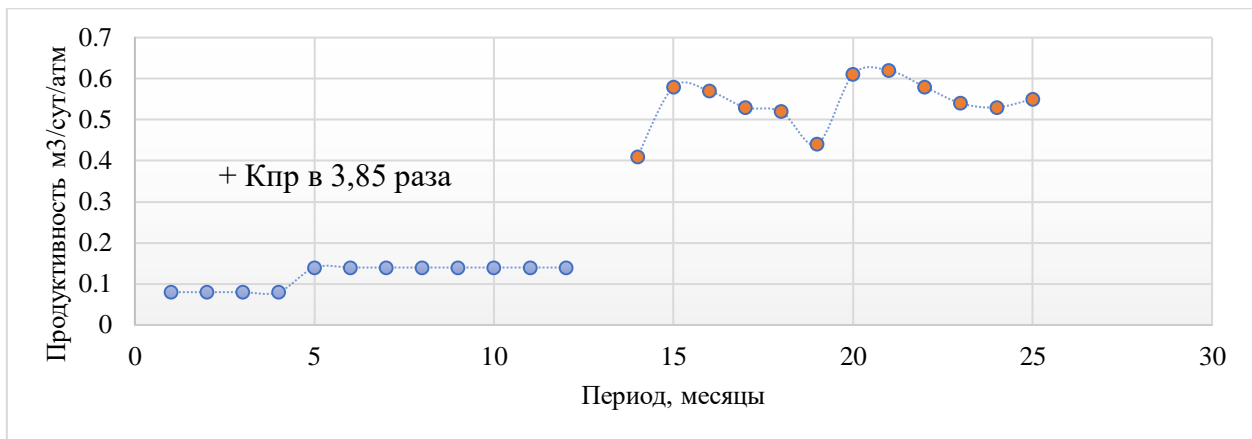


Рисунок 3. Сравнение продуктивности работы скважины №1 до и после применения технологий интенсификации (период 24 месяца)

Источник: составлено автором на основе Минэнерго (Министерство энергетики) России <https://minenergo.gov.ru/node/910>, ЦДУ ТЭК - филиал ФГБУ РЭА Минэнерго России [https://www.cdu.ru/catalog/zhurnal\\_tek\\_rossii/](https://www.cdu.ru/catalog/zhurnal_tek_rossii/)

Скважина на Рисунке 3 продемонстрировала прирост интенсивности отдачи в среднем в 3,85 раз после обработки технологиями МГРП и ПИВ. Потенциальная продуктивность может возрасти до 0,75 атмосфер на куб. м. в сутки. При этом потенциальная себестоимость добычи 1 тонны нефти снизится на 56,8%. Скважина №2 в периоде 48 месяцев продемонстрировала также повышение продуктивности (рис. 4).

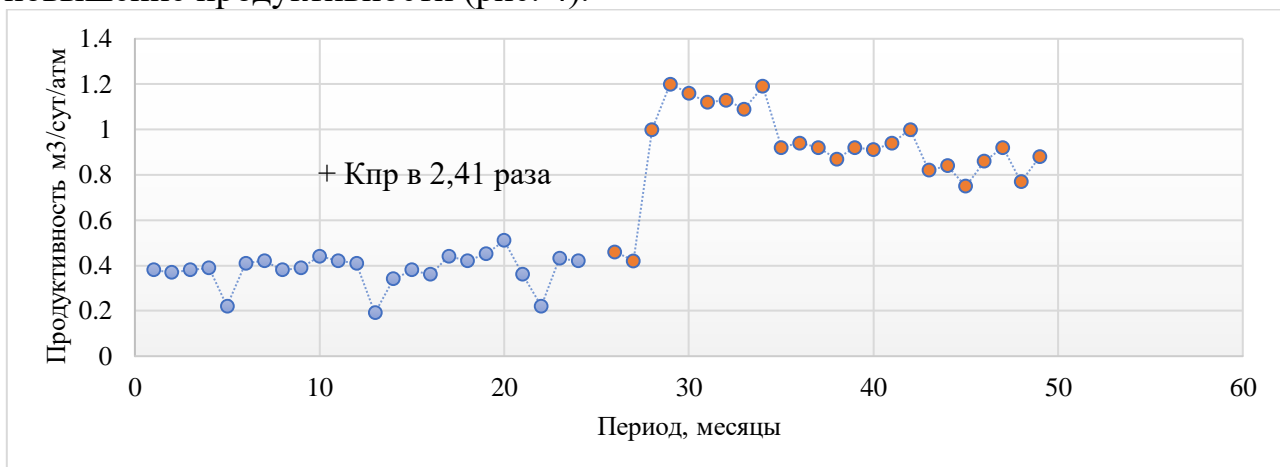


Рисунок 4. Сравнение продуктивности работы скважины №2 до и после применения технологий интенсификации (период 48 месяцев)

Источник: составлено автором на основе Минэнерго (Министерство энергетики) России <https://minenergo.gov.ru/node/910>, ЦДУ ТЭК - филиал ФГБУ РЭА Минэнерго России [https://www.cdu.ru/catalog/zhurnal\\_tek\\_rossii/](https://www.cdu.ru/catalog/zhurnal_tek_rossii/)

Исследуемая скважина №2 также продемонстрировала прирост продуктивности в 2,41 раза. Отмечается повышенная нестабильность нефтеотдачи из-за загрязнения нефти сопроводительными веществами. В долгосрочной перспективе добыча стабилизируется в пределах погрешности до 10%. Совокупный эффект может дополнительно более 5400 тонн сырья (рис. 5).

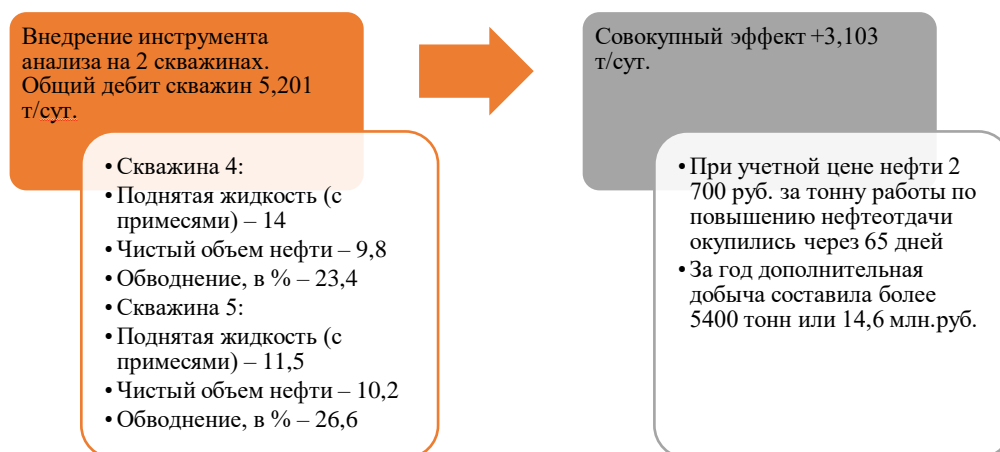


Рисунок 5. Эффект от применения комплекса (однофазный) технологий интенсификации добычи углеводородов 2 месторождениях срок 6 месяцев с момента применения технологий

Источник: составлено автором на основе Геологическая разведка и запасы России <https://russneft.ru/eng/production/geologsys/>, ЦДУ ТЭК - филиал ФГБУ РЭА Минэнерго России [https://www.cdu.ru/catalog/zhurnal\\_tek\\_rossii/](https://www.cdu.ru/catalog/zhurnal_tek_rossii/)

На 2 скважинах со схожими характеристиками была проведена 1 фазная интенсификация добычи методом МГРП. При учетной цене нефти 2700 руб. за тонну работы по повышению нефтеотдачи окупилась через 65 дней. За год дополнительная добыча составила более 5400 тонн или 14,6 млн. руб.

По терригенным коллекторам с проведенными ГРП успешность обработок ПИВ фиксируется на 71% скважин. Применение целесообразно при более тщательном подборе скважин-кандидатов и проведении дополнительных исследований скважин до обработки.

На карбонатных коллекторах успешность обработок ПИВ фиксируется на 89% скважин. Наблюдается более длительный эффект от воздействия, выше прирост добычи нефти. Экономическая эффективность достигается после получения дополнительного прироста дебита более 2 тонн в сутки при действующей системе налогообложения.

Была проведена апробация программы на скважинах из каждой группы месторождений. При стабильных ценах выше 60 долл. США за баррель нефти была отмечена прибыль на всех проектах. При цене 44 долл. США (заложена в бюджете России на 2022 год как порог отчислений в Фонд национального благосостояния) скважины №7 и №19 продемонстрировали убыток, что связано с высокими затратами на разработку и интенсификацию добычи (рис. 6).

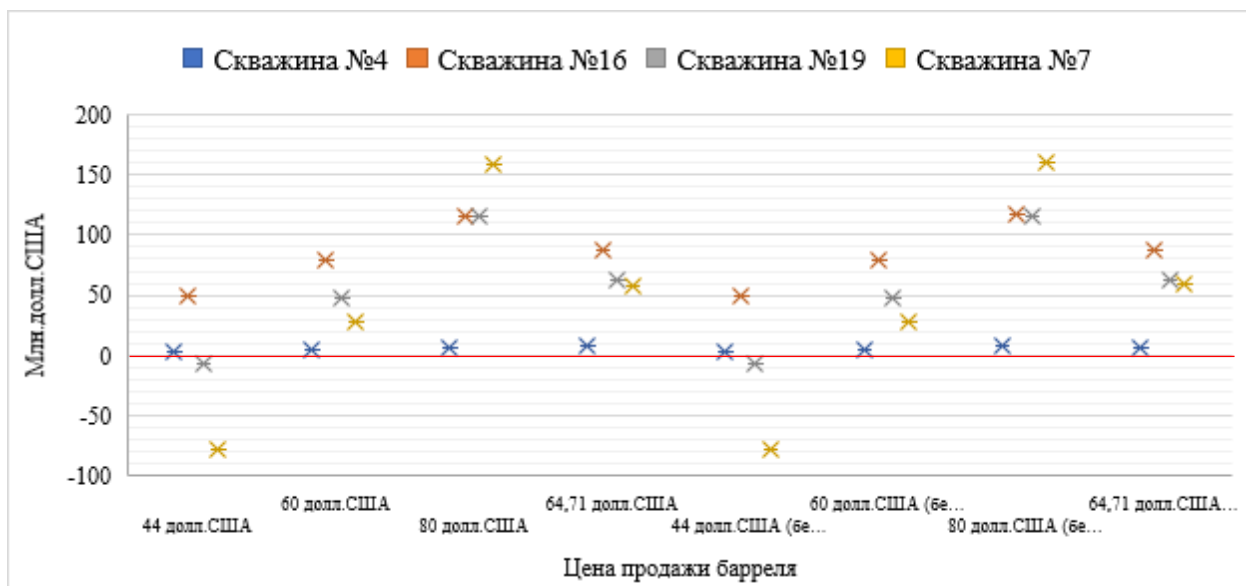


Рисунок 6. Апробация программы на скважинах каждой группы\* месторождений, прибыль/убыток в млн. долл. США при изменении цены на баррель нефти.

\*Баженовской свиты (Скважина №4), Восточной Сибири (скважина №7), Западной Сибири (скважина №16), Арктических месторождений (скважина №19). Показатели были приведены к долл. США для сопоставления с экспортными ценами.

Источник: составлено автором на основе Геологическая разведка и запасы России <https://russneft.ru/eng/production/geologsys/>, ЦДУ ТЭК - филиал ФГБУ РЭА Минэнерго России [https://www.cdu.ru/catalog/zhurnal\\_tek\\_rossii/](https://www.cdu.ru/catalog/zhurnal_tek_rossii/)

Также был учтен «Экологический сбор», являющийся дополнительным финансовым инструментом, который может быть использован для компенсации экологического воздействия при интенсификации добычи нефти. Полученные государством средства могут быть направлены на восстановление экосистем, исследования в области устойчивой энергетики или другие экологические проекты.

Для компании экологический сбор является дополнительным расходом, который снижает прибыльность нефтедобывающего проекта. Однако этот расход можно рассматривать и с другой стороны: он предоставляет возможность для компании проявить социальную ответственность, инвестировав в экологическую устойчивость, и увеличить отчисления в государственный бюджет, что, в свою очередь, может снизить сумму экологического сбора или даже привести к получению субсидий или налоговых льгот.

Программа может стать значимым инструментом для обмена экономико-технологическими данными в рамках платформы межрегионального обмена по добыче ТНГР.

## 6. Сформулированы предложения по формированию рентабельной добычи трудноизвлекаемых запасов в России.

Предложены решения для формирования рентабельной добычи, учитывающие основные параметры оптимизации работы скважины на основе технологий интенсификации добычи, взаимодействие государства и

недропользователя по средствам межрегиональных платформ, режим работы различных типов скважин с подтвержденными запасами ТНГР. Совокупность предложенных в исследовании направлений позволяет снизить себестоимость добычи на скважинах в рамках заданных экономических показателей и планов по инфраструктуре (табл. 5)

Таблица 5

Предложения для формирования экономически эффективной добычи ТНГР в России

Направление	Достижимый эффект
Инвестиции в формирование технологического суверенитета добычи ТНГР и стимулирование малого бизнеса в сфере инновационного развития НГК	Снижение зависимости от иностранных технологий (достижение технологического суверенитета) влияет на себестоимость добычи сырья, а также предоставляет возможность использовать более широкий спектр технологий при добыче ТНГР. Малый бизнес является эффективным инструментом внедрения и реализации ряда инновационных технологий и решений, способствующих повышению экономической эффективности добычи ТНГР.
Применение нейросетевых инструментов анализа геологоразведочных данных	Применение нейросетевых инструментов при проведении геологоразведочных работ для минимизации человеческого фактора и ошибок при отборе ключевых технологий интенсификации добычи.
Анализ воздействия инструментов интенсификации добычи на работу различных типов скважин с подтвержденными запасами ТНГР	Инструменты применяются на всех этапах разработки скважины: от геологоразведки до интенсификации добычи различными, в том числе комбинированными технологиями (ГРП, включая многостадийный (МГРП)), технологиями плазменно-импульсного воздействия (ПИВ). Также предложен понижающий коэффициент, исходя из инвестиций компании в НИОКР по добыче ТНГР, занесение в учет косвенных расходов при расчете налога. А также введена в программу возможность применения «Экологического сбора» для компаний при получении прибыли после интенсификации добычи на месторождениях.
Программа	Использование созданной программы с ключевыми параметрами оптимизации работы скважины на основе средств интенсификации добычи и комбинирования методов интенсификации добычи с наименьшим негативным экологическим воздействием на окружающую среду. Полученные результаты продемонстрировали возможность оптимального подбора технологий для повышения экономической эффективности добычи, а также потенциал применения технологии на различных по свойствам, территории, условиям добычи и прочим факторам скважинах.
Межрегиональная платформа	Предложены этапы развития, а также принципы функционирования эффективной платформы, подчеркивая ее важность для российской и мировой нефтегазовой промышленности. На основе платформы происходит взаимодействие государства и недропользователя. Прорабатывается интегрированный подход с возможностью использования программы как одного из инструментов платформы



Источник: составлено автором на основе Институциональные проблемы создания отечественных технологий разработки трудноизвлекаемых запасов нефти в России <https://www.sgem.org/index.php/elibrary-research-areas?view=publication&task=show&id=1629>, Проект «Бажен» <https://tc-bazhen.ru/static/achievements>, Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года <https://minenergo.gov.ru/node/1026>, Три потенциальных сценария развития рынка нефти [https://www.rigzone.com/news/three\\_potential\\_oil\\_market\\_scenarios-17-mar-2020-161413-article/](https://www.rigzone.com/news/three_potential_oil_market_scenarios-17-mar-2020-161413-article/)

Таблица 5 представляет набор предложений, направленных на повышение экономической эффективности и устойчивости добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов (ТНГР) в России. В таблице выделены пять ключевых направлений, каждое из которых соответствует определенному достигаемому эффекту.

Среди них инвестиции в формирование технологического суверенитета добычи углеводородов, которые направлены на снижение зависимости от иностранных технологий и уменьшение себестоимости добычи. Это также позволяет расширить технологический спектр в области добычи ТНГР. Применение нейросетевых инструментов в геологоразведочных процессах позволяет минимизировать человеческий фактор и ошибки при выборе технологий интенсификации добычи. Введение инструментов налогового стимулирования, включая понижающие коэффициенты, основанные на инвестициях в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, способствует инвестиционной активности.

Создание модели программы включает разработку и апробацию программы на ряде российских скважин, что позволяет оптимально подобрать технологии для повышения экономической эффективности добычи. Предложены ключевые принципы создания эффективной платформы, подчеркивающие ее значимость для российской и мировой нефтегазовой промышленности. В целом эти меры рекомендуют себя как комплексный подход к решению задачи эффективного освоения трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов.

В совокупности на основе авторской программы было проанализировано 20 месторождений 4 регионов с ТНГР в России (рис. 7).



Рисунок 7. Апробация программы на 20 анализируемых скважинах,

демонстрирующая рост коэффициента продуктивности, в %, применение методов интенсификации добычи ГРП (МГРП) и ПИВ

Источник: составлено автором на основе Арктический шельф и трудноизвлекаемые запасы нефти как альтернативный вариант развития ресурсной базы России <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.201800313>, Проект «Бажен» <https://tc-bazhen.ru/static/achievements>, Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года <https://minenergo.gov.ru/node/1026>

Различия в росте коэффициента продуктивности между скважинами значительные, варьируясь от 0% до 422%. На 3 из 20 скважинах коэффициент не показал изменения, на 2 из 25 изменения были незначительные (менее 1%). Высокий рост коэффициента продуктивности (более 200%) наблюдается у скважин с номерами 4, 8, 9, 10, и 17. Это свидетельствует о высокой эффективности примененных методов для конкретных скважин. Скважины с умеренным ростом коэффициента (20%–100%) также присутствуют и составляют значительную часть выборки. Они могут показать потенциально больший рост при оптимизации применяемых методик. Небольшой рост (менее 20%) или отсутствие роста коэффициента продуктивности может указывать на необходимость пересмотра используемых технологий или методов управления данными скважинами.

Данные указывают на неоднородность реакции скважин на примененные методы повышения продуктивности. Это требует детального анализа каждой скважины для выявления наиболее эффективных методов увеличения добычи. Большой диапазон технологического эффекта увеличения продуктивности скважин делает крайне важным выработку методологии выбора кандидатов ПИВ и проведение дополнительных исследований до/после ГРП.

Также на основе программы при развитии межрегиональных платформ обмена технологиями и данными возможно провести интеграцию программы на принципах обработки больших данных (Big Data), ячеек открытых данных, которые при разработке и применении нейросетевых интерфейсов способствуют более тщательной проработке месторождений на этапах геологоразведки и получению первого сырья.

Применение отмеченных в работе моделей и инструментов может иметь значительный потенциал для оптимизации процессов добычи нефти и природного газа и снижения связанных с ними затрат. Повышение экономической эффективности добычи углеводородов в долгосрочном периоде возможно, в первую очередь, благодаря применению интенсивных методов получения. В российском НК структура добычи изменяется в периоды экономических кризисов и нестабильности. Компании пытаются компенсировать потери за счет снижения инвестиций в долгосрочные проекты и активизации добычи «легких» запасов. Однако при длительных экономических рецессиях данные меры могут привести к технологическому отставанию российского НК от мировых тенденций, что негативно сказывается на конкурентоспособности российских углеводородов, а в долгосрочной перспективе может привести к потере рынков сбыта.

На основе предложений автора возможно проводить дальнейшие

исследования экономической эффективности добычи ТНГР, формировать прогнозные концепции производительности скважин. Применение нейросетей в обработке данных может быть полезен для оценки будущей производительности скважин на основе исторических данных и данных о физических свойствах нефтяного пласта. Программа также может использоваться для предсказания потенциальных сбоях и неисправностей оборудования на основе данных о его прошлом использовании и состоянии. Применение межрегионального платформенного подхода может способствовать автоматизации многих процессов в области добычи, например, в управлении процессами бурения на этапе георазведки, обработки данных сейсмического исследования и интерпретации геологических данных. Сценарный подход способен обеспечить разработку и оптимизацию стратегий добычи в совокупности с применением программы, также реакцию месторождения на различные сценарии добычи и помогая выбрать наиболее эффективные из них с учетом накопленного опыта.

В результате проведенных теоретического и практического этапов настоящего исследования были предложены возможные направления решения актуальной научной проблемы – повышения экономической эффективности разработки трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов.

### **III. ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **Публикации в изданиях, индексируемых наукометрическими базами данных Scopus и Web of Science:**

1. Mazurchuk T. M. Small Hydropower Development Prospects: Chinese and Russian Experience / M. V. Chernyaev, Y. V. Solovieva, A. V. Korenevskaya, T. M. Mazurchuk, S. V. Gavriusev // Int. J. Economic Policy in Emerging Economies. 2020. Vol. 2. No 5. Pp. 457-483 (2,250/0,450 п.л.).
2. Mazurchuk T. M. Artificial intelligence as a tool for the evaluating the efficiency of innovative technologies for hard-to-recover reserves development / Maxim Chernyaev, Timofey Mazurchuk, Aleksandra Boiko // Int. J. International Review, 2021. Iss. № 3-4, Pp.30-35 (0,556/0,185 п.л.).
3. Mazurchuk T. M. A Possible Method for the Socio-Economic Efficiency Estimation of Smart City Projects, Paying Particular Regard to their Digital Technology Content / Maxim Chernyaev, Timofey Mazurchuk, Tatyana F. Kreydenko // Periodica Polytechnica Social and Management Sciences 2022. No 31(1). Pp. 1–8. (0,912/0,304 п.л.)

#### **Научные статьи, опубликованные в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК, Перечнем РУДН:**

4. Мазурчук Т.М. Экономическая эффективность от функционирования «ОПЕК+»: цели, задачи, перспективы / Калацкий А.Н., Олейникова М.А.,

Мазурчук Т.М. // Экономика и предпринимательство. 2019. № 7 (108). С. 553-558 (0,554/0,185 п.л.)

5. Мазурчук Т.М. Роль и место австрийской нефтяной компании Österreichische mineralölverwaltung в энергетической структуре Евросоюза и стратегические проекты с Россией / Черняев М.В., Мухина В.С., Коваль Н.В., Мазурчук Т.М. // Вестник Российского нового университета. Серия: человек и общество. 2019. № 2. С. 47-54 (0,517/0,129 п.л.)

6. Мазурчук Т.М. Использование сжиженного природного газа для обеспечения энергобезопасности и энергонезависимости отдаленных регионов России / Терешенкова А.И., Мазурчук Т.М. // Экономика и предпринимательство. 2019. № 5. (106) С. 342-345 (0,459/0,230 п.л.)

7. Мазурчук Т.М. Влияние организации стран-экспортеров нефти «ОПЕК» на формирование цен на рынке углеводородов / Черняев М.В., Мазурчук Т.М. // Экономика и предпринимательство. 2019. № 7 (108) С. 261-264 (0,311/0,155 п.л.)

Мазурчук Тимофей Михайлович (Российская Федерация)

### **Направления повышения экономической эффективности технологий добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов**

В работе дано новое определение трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов (ТНГР). Определены особенности применения инструментов повышения экономической эффективности добычи трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов России и предложены методы их оценки и интеграции в существующую инфраструктуру. Также представлены сценарии развития нефтегазового комплекса России с учетом повышения доли трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов в общем объеме добычи. Предложены этапы и принципы создания платформы для межрегионального обмена экономико-технологической информацией по добыче трудноизвлекаемых углеводородных ресурсов, создана и апробирована программа анализа эффективности инвестиций в разработку трудноизвлекаемых нефтегазовых запасов скважин в России. На основе проделанного исследования сформулированы предложения по формированию рентабельной добычи трудноизвлекаемых запасов в России. Результаты исследования могут представлять интерес научному сообществу, государственным структурам и коммерческим организациям.

Mazurchuk Timofey Mikhailovich (Russian Federation)

### **Directions for increasing the economic efficiency of technologies for extracting hard-to-recover oil and gas resources**

The paper formulates a new definition of hard-to-recover oil and gas resources (TNGR). The features of the use of tools to increase the economic efficiency of extraction of hard-to-recover oil and gas resources in Russia are determined and methods for their assessment and integration into the existing infrastructure are proposed. Scenarios for the development of the Russian oil and gas complex are also presented, considering the increase in the share of hard-to-recover oil and gas resources in total production. The stages and principles of creating a platform for the interregional exchange of economic and technological information on the extraction of hard-to-recover hydrocarbon resources are proposed, a program for analyzing the effectiveness of investments in the development of hard-to-recover oil and gas reserves of wells in Russia has been created and tested. Based on the research done, proposals have been formulated for the formation of profitable extraction of hard-to-recover reserves in Russia. The results of the study may be of interest to the scientific community, government agencies and commercial organizations.

