

УДК 552.08; 552.578.2.061.3

<https://orcid.org/0009-0008-0216-7724>

<https://orcid.org/0009-0001-0567-8617>

<https://orcid.org/0009-0001-0551-7450>

<https://orcid.org/0009-0006-9035-8509>

<https://orcid.org/0009-0009-1982-3764>

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЭФФЕКТА РАЗРАБОТКИ ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ «СЕВЕРНАЯ ТРУВА»



ШУНЬ ЧЖАН¹,
степень магистра,
заместитель генерального
директора по финансам,
zhangshun@163.com



А. ОНЕРБЕК²,
степень бакалавра, директор
филиала в г. Актау,
aleteng@cnlc.cn



ХУЭЙ ЛЮ³,
степень бакалавра, началь-
ник финансового отдела,
liuhui@cnlc.cn



ЮНГУЙ ЛИ⁴,
степень бакалавра, инженер
по автоматизации и механизации
производственных процессов
1 категории,
liyonggui@cnlc.cn



М. СЕЙТЖАНОВА⁵,
степень бакалавра,
и.о. директора филиала
в г. Атырау,
seitzhanovam@mail.ru

¹КАФЕДРА «ДЕЛОВОЕ АДМИНИСТРИРОВАНИЕ»
КИТАЙСКИЙ НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
100872, ул. Чжунгуаньцунь, 59, Пекин, Китай

²КАФЕДРА «КАДРОВАЯ РАБОТА И ДЕЛОПРОИЗВОДСТВО»
КИТАЙСКИЙ НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
100872, ул. Чжунгуаньцунь, 59, Пекин, Китай

³КАФЕДРА «ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ»
ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
611756, улица Сиань 999, район Пиду, Чэнду, Сычуань, Китай

⁴КАФЕДРА «ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»
СИАНЬСКИЙ НЕФТЯНОЙ УНИВЕРСИТЕТ
710065, № 18, район Яньта, город Сиань, провинция Шэньси, Китай

⁵КАФЕДРА "ПРАВОВЕДЕНИЕ"
МОСКОВСКИЙ СОВРЕМЕННЫЙ ГУМАНИТАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
109029, Нижегородская ул., 32, стр. 4, Москва, Россия

Исследование актуально в свете стремительных изменений в энергетической отрасли, где оптимизация процессов добычи нефти становится ключевым фактором для обеспечения устойчивости и эффективности производства. Целью данного исследования является разработка инновационных подходов к улучшению эффекта разработки месторождения "Северная Трува" при условиях низкого давления. Среди использованных методов следует отметить аналитический метод, метод классификации, функциональный метод и другие. В ходе исследования месторождения "Северная Трува" был проведен комплекс анализов для определения текущего уровня давления и динамики его изменения. В результате применения методов восстановления давления достигается оптимальное балансирование давления в подземных образованиях, что, в свою очередь, способствует увеличению объемов добычи и повышению общей эффективности производства энергоресурсов. Методы восстановления давления могут включать в себя различные инженерные решения, направленные на управление потоками флюидов, контроль давления в скважинах и оптимизацию технологических процессов. Такие инновации могут быть применены в различных условиях эксплуатации месторождений, что делает их универсальными инструментами для повышения эффективности добычи в нефтегазовой промышленности. Математические модели, прогнозирующие изменения давления, были разработаны и успешно сравнены с фактическими данными. Экономическая оценка продемонстрировала высокую эффективность новых технологий, с учетом затрат и выгод от оптимизированной добычи при низком давлении. Исследованы и внедрены меры по снижению экологического воздействия, что подчеркивает устойчивость процессов разработки. Практическое значение данного исследования заключается в возможности разработки новых технологических решений, способных оптимизировать добычу нефти на месторождении "Северная Трува" при низком давлении, что в свою очередь может повысить эффективность производства и снизить эксплуатационные затраты в нефтегазовой промышленности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергетическая отрасль, оптимизация процессов, добыча нефти, экологическое воздействие, заводнение.

«СОЛТУСТІК ТРУВА» КЕН ОРНЫНДА ТӨМЕН ҚЫСЫМДЫ САҚТАЙ ОТЫРЫП, ИГЕРУ ӘСЕРІН ЖАҚСARTУ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУЛЕР

ШУНЬ ЧЖАН¹, магистр дәрежесі, zhangshun@163.com
А. ӨНЕРБЕК², бакалавр дәрежесі, aleteng@cnlc.cn
ХУЭЙ ЛЮ³, бакалавр дәрежесі, liuhui@cnlc.cn
ЮНГУЙ ЛИ⁴, бакалавр дәрежесі, liyonggui@cnlc.cn
М. СЕЙТЖАНОВА⁵, бакалавр дәрежесі, seitzhanovam@mail.ru

¹"ІСКЕРЛІК БАСҚАРУ" КАФЕДРАСЫ ҚЫТАЙ ХАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ
100872, Чжунгуанцун көшесі, 59, Пекин, Қытай

²"ЕҢБЕК ЖӘНЕ КАДР ІСТЕРІ" КАФЕДРАСЫ
ҚЫТАЙ ХАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ
100872, Чжунгуанцун көшесі, 59, Пекин, Қытай

³"ЭКОНОМИКА ЖӘНЕ МЕНЕДЖМЕНТ" КАФЕДРАСЫ
ОҢТҮСТІК-БАТЫС КӨЛІК УНИВЕРСИТЕТИ
611756, Сиань көшесі 999, Пиду ауданы, Чэнду, Сычуань, Қытай

⁴"БАРЛАУ ТЕХНИКАСЫ ЖӘНЕ ИНЖЕНЕРИЯСЫ" КАФЕДРАСЫ
СИАНЬ МҰНАЙ УНИВЕРСИТЕТИ
710065, № 18, Янта ауданы, Сиань қаласы, Шэньси провинциясы, Қытай

⁵"ҚҰҚЫҚТАНУ" КАФЕДРАСЫ
МӘСКЕУ ЗАМАНАУИ ГУМАНИТАРЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ
109029, Нижегородская көшесі, 32, 4 корпус, Мәскеу, Ресей

Зерттеу мұнай өндіру процестерін оңтайландыру өндірістің тұрақтылығы мен тиімділігін қамтамасыз етудің негізгі факторына айналатын энергетика саласындағы қарқынды өзгерістер аясында өзекті болып табылады. Бұл зерттеудің мақсаты төмен қысым жағдайында "Солтүстік Трува" кен орнын игерудің әсерін жақсартудың инновациялық тәсілдерін әзірлеу болып табылады. Қолданылған әдістердің ішінде аналитикалық әдісті, жіктеу әдісін, функционалды әдісті және басқаларын атап өткен жөн. "Солтүстік Трува" кен орнын зерттеу барысында қысымның ағымдағы деңгейін және оның өзгеру динамикасын анықтау үшін талдаулар кешені жүргізілді. Қысымды қалпына келтіру әдістерін қолдану нәтижесінде жер асты түзілімдеріндегі қысымды оңтайлы теңестіруге қол жеткізіледі, бұл өз кезегінде өндіру көлемін ұлғайтуға және энергия ресурстарын өндірудің жалпы тиімділігін арттыруға ықпал етеді. Қысымды қалпына келтіру әдістері сұйықтық ағындарын басқаруға, ұңғымалардағы қысымды бақылауға және технологиялық процестерді оңтайландыруға бағытталған әртүрлі инженерлік шешімдерді қамтуы мүмкін. Мұндай инновацияларды кен орындарын пайдаланудың әртүрлі жағдайларында қолдануға болады, бұл оларды мұнай-газ өнеркәсібінде өндіру тиімділігін арттырудың ембебап құралдарына айналдырады. Қысымның өзгеруін болжайтын математикалық модельдер әзірленді және нақты деректермен сәтті салыстырылды. Экономикалық бағалау оңтайландырылған төмен қысымды өндірудің шығындары мен пайдасын ескере отырып, жаңа технологиялардың жоғары тиімділігін көрсетті. Экологиялық әсерді азайту шаралары зерттелді және енгізілді, бұл даму процестерінің тұрақтылығын көрсетеді. Бұл зерттеудің практикалық маңыздылығы төмен қысымда "Солтүстік Трува" кен орнында мұнай өндіруді оңтайландыруға қабілетті жаңа технологиялық шешімдерді әзірлеу мүмкіндігінде жатыр, бұл өз кезегінде өндіріс тиімділігін арттырып, мұнай-газ өнеркәсібіндегі пайдалану шығындарын төмендетуі мүмкін.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: энергетика саласы, процестерді оңтайландыру, мұнай өндіру, экологиялық әсер ету, су басу

RESEARCH TO IMPROVE DEVELOPMENT EFFECTS WHILE MAINTAINING LOW PRESSURE AT THE NORTHERN TRUVA FIELD

SHUN ZHANG¹, master's degree, zhangshun@163.com

A. ONERBEK², bachelor's degree, aleteng@cnlc.cn

HUI LIU³, bachelor's degree, liuhui@cnlc.cn

YONGGUI LI⁴, bachelor's degree, liyonggui@cnlc.cn

M. SEITZHANOVA⁵, bachelor's degree, seitzhanovam@mail.ru

¹DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION
RENMIN UNIVERSITY OF CHINA
100872, 59 Zhongguancun Str., Beijing, China

²DEPARTMENT OF HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT AND MANAGEMENT
RENMIN UNIVERSITY OF CHINA
100872, 59 Zhongguancun Str., Beijing, China

³DEPARTMENT OF ECONOMICS AND MANAGEMENT
SOUTHEAST JIAOTONG UNIVERSITY
611756, No. 999, Xi'an Road, Pidu District, Chengdu, Sichuan, China

⁴DEPARTMENT OF EARTH PROBING AND INFORMATION TECHNOLOGY
XI'AN PETROLEUM UNIVERSITY
710065, No. 18, Yantha District, Xi'an City, Shaanxi Province, China

⁵DEPARTMENT OF LAW
MOSCOW MODERN HUMANITARIAN UNIVERSITY
109029, Nizhegorodskaya st., 32, building 4, Moscow, Russia

The study is relevant in light of the rapid changes in the energy industry, where optimization of oil production processes is becoming a key factor to ensure sustainability and efficiency of production. The purpose of this study is to develop innovative approaches to improve the development effect of the Severnaya Truva field under low pressure conditions. Among the methods used, the analytical method, classification method, functional method and others should be noted. During the study of the Severnaya Truva field, a set of analyzes was carried out to determine the current pressure level and the dynamics of its change. As a result of the application of pressure recovery methods, optimal pressure balancing in underground formations is achieved, which, in turn, helps to increase production volumes and improve the overall efficiency of energy production. Pressure restoration methods can include various engineering solutions aimed at fluid flow control, well pressure control and process optimization. Such innovations can be applied in various field operating conditions, making them universal tools for increasing production efficiency in the oil and gas industry. Mathematical models predicting pressure changes have been developed and successfully compared with actual data. The economic evaluation demonstrated the high efficiency of the new technologies, taking into account the costs and benefits of optimized low-pressure production. Environmental impact mitigation measures have been explored and implemented, highlighting the sustainability of development processes. The practical significance of this research lies in the possibility of developing new technological solutions that can optimize oil production at the Severnaya Truva field at low pressure, which in turn can increase production efficiency and reduce operating costs in the oil and gas industry.

KEY WORDS: energy industry, process optimization, oil production, environmental impact, waterflooding.

Введение. Изучение эффективных методов разработки месторождений при низком давлении, особенно месторождения «Северная Трува», является ключевым аспектом для обеспечения устойчивости и оптимизации добычи углеводородов. Низкое давление может создавать технические и экономические вызовы, такие как снижение дебита скважин и общей производительности месторождения. Последовательные исследования в этой области могут привести к разработке инновационных технологий и стратегий, направленных на повышение эффективности добычи, сокращение затрат и минимизацию экологического воздействия, что важно как для отрасли, так и для общества в целом.

Исследование направлено на решение технических и экономических вызовов, связанных с разработкой месторождений с низким давлением, таких как "Северная Трува". Низкое давление может привести к снижению производительности скважин, уменьшению дебита и трудностям в поддержании стабильной добычи углеводородов. Эти аспекты создают вызовы для индустрии, требующие разработки инновационных технологий и стратегий для повышения эффективности процесса добычи при минимальных затратах. Решение этих вызовов крайне важно для обеспечения устойчивости добычи и оптимизации использования энергетических ресурсов.

Согласно исследованию Z. Imangozhina, проблематика разработки месторождений при низком давлении, требует комплексного рассмотрения с целью разработки новых технологий и стратегий для повышения эффективности добычи. В работе подчеркивается, что низкое давление создает значительные вызовы, и необходимы инновационные подходы для преодоления этих трудностей [1]. Исследование не рассматривает вопросы экологической устойчивости и влияния добычи при низком давлении на окружающую среду.

В работе K. Elemesov подчеркивается, что аспекты снижения производительности скважин и трудности в обеспечении стабильной добычи углеводородов при низком давлении представляют собой ключевые проблемы. Исследование выделяет важность проведения системного анализа и создания комплексных стратегий с целью улучшения процесса добычи в подобных условиях [2]. Работа не уделяет достаточного внимания вопросам финансовой устойчивости и бизнес-моделям в контексте месторождений с низким давлением.

Согласно исследованию K. Kazimov, новые методы и материалы могут сыграть ключевую роль в повышении эффективности при низком давлении. Исследование выделяет, что вложения в научные исследования и разработки имеют ключевое значение для формирования перспективных решений [3]. Исследование не учитывает вопросы инновационных технологий и возможных материальных решений для улучшения эффективности добычи при низком давлении.

Исследователь P. Romanenko отмечает, что проблемы, связанные с низким давлением на месторождениях, требуют не только инженерных решений, но и эффективного управления и стратегического планирования. Он подчеркивает необходимость комплексного подхода к проблеме для достижения устойчивой добычи [4]. Исследователь пренебрегает анализом социальных и управленческих факторов, которые могут влиять на успешное внедрение новых технологий в добыче углеводородов при низком давлении.

Исследование, проведенное N. Urazbaev, посвящено вопросу о финансовой устойчивости предприятия, которое занимается добычей в условиях низкого давления. В работе выделяется важность разработки экономически эффективных стратегий и моделей бизнеса для успешной эксплуатации месторождений [5]. Работа не рассматривает анализ экологических и социальных последствий экономически эффективных стратегий при условии низкого давления.

В работе G. Aubakirova поднимается важный вопрос об экологических аспектах добычи при низком давлении. В работе акцентируется важность создания методов добычи, которые обладают экологической устойчивостью, и уменьшения негативно-

го воздействия на окружающую среду [6]. Исследование не учитывает технические инженерные аспекты исследования новых методов и материалов для повышения эффективности при добыче углеводородов при низком давлении.

Целью данного исследования является формулирование рекомендаций по повышению эффективности добычи на месторождении "Северная Трува" при низком давлении.

Материалы и методы. Аналитический метод, примененный в ходе исследования, существенно способствовал более глубокому пониманию динамики добычи при низком давлении на месторождениях. Аналитический метод позволил выделить преимущества и недостатки различных подходов, выявить оптимальные решения в условиях низкого давления на месторождениях. Это включало в себя оптимизацию параметров технологических процессов, адаптацию методов поддержания давления, и использование передовых технологий. Путем создания различных сценариев на основе аналитических данных была возможность предсказать динамику изменений и эффекты внедрения определенных стратегий на протяжении продолжительного времени.

Используя статистический метод, были выявлены закономерности и тренды в данных, касающихся добычи углеводородов при условиях низкого давления на месторождениях. Применение статистического метода в изучении этих данных предоставило возможность систематизировать информацию, выявить статистически значимые взаимосвязи и сделать обоснованные выводы. На основе выявленных закономерностей, исследование сделало возможным определение оптимальных путей для оптимизации процессов эксплуатации месторождений. Это включало в себя выделение приоритетных направлений для внедрения улучшенных технологий, оптимизацию параметров добычи, и разработку эффективных стратегий поддержания низкого давления. Таким образом, использование статистического метода в данном исследовании не только позволило получить объективное представление о характеристиках добычи при низком давлении, но и выделить конкретные факторы, на которые стоит сосредоточить внимание для повышения эффективности производственных процессов на месторождениях углеводородов.

С применением функционального метода были выявлены особенности и дана оценка эффективности различных аспектов функциональной деятельности в контексте добычи углеводородов при низком давлении. Этот метод позволил детально изучить различные функциональные компоненты процесса добычи с целью оптимизации и повышения производительности в условиях сниженного давления на месторождении. В ходе исследования осуществлялась оценка разнообразных функциональных аспектов, включая технологические процессы, системы контроля и механизмы управления. Исследование технологических процессов позволило выявить оптимальные методы добычи и обработки углеводородов при низком давлении, а системы контроля были подвергнуты оценке с целью обеспечения высокой точности и своевременности мониторинга процессов.

Применение метода классификации значительно способствовало организации разнообразных факторов и условий, воздействующих на добычу углеводородов в условиях низкого давления. Применение этого метода позволило структурировать

различные аспекты, создавая систему категорий и характеристик, что способствовало более четкому и организованному восприятию разнообразия переменных в данном контексте. Процесс классификации был направлен на выделение основных категорий, объединяющих схожие аспекты добычи углеводородов. Это включало в себя такие параметры, как геологические особенности месторождений, характеристики технологических процессов, условия окружающей среды, а также факторы, влияющие на качество и количество добываемых углеводородов. Такая систематизация обеспечила более структурированное и комплексное представление о многогранности факторов, влияющих на процессы добычи. Использование метода классификации имело существенное значение для выявления ключевых параметров, критически важных для разработки эффективной стратегии добычи при низком давлении. Выделение основных категорий позволило идентифицировать приоритетные направления в исследовании и оптимизации, а также определить факторы, требующие особого внимания в контексте проектирования и реализации улучшенных методов добычи.

Результаты. Как известно, снижение дебита нефти в ходе эксплуатации углеводородных месторождений может быть обусловлено увеличением содержания влаги в добываемой продукции и не обязательно зависеть от объема нефтяных запасов на конкретном месторождении [7]. Происхождением влаги является ввод жидкости в породу для поддержания пластового давления. При стремлении к увеличению дебита нефти возникает необходимость в дополнительных затратах на исследование схемы добычи.

На *рисунке 1* продемонстрирована динамика микросейсмической активности вблизи скважины №СТ11 в течение нескольких дней. Активность отображена в виде изоповерхности, представляющей плотность энергии микросейсмических событий на уровне 98%. Для построения данной поверхности применяется алгоритм, основанный на интерполяции параметров микросейсмических событий и создании полигональных поверхностей.

Изучение пространственного распределения микросейсмических событий позволяет сделать вывод о том, что большинство этих событий сосредоточено в пределах круга с центром в зоне перфорации скважины № СТ11 и радиусом 400 метров. Динамика микросейсмической активности в течение времени указывает на то, что процесс заводнения равномерно расширяется во всех направлениях относительно нагнетающей скважины.

На *2 рисунке* представлены средние значения энергии, зарегистрированной в микросейсмических событиях, за каждый день наблюдений, а также эти данные сопоставлены с диаграммами объемов внесения воды и трубного давления в скважине № СТ11. Было обнаружено, что происходит уменьшение объемов воды, несмотря на постоянные значения трубного давления. В ходе этого процесса отмечается повышение средних значений энергии микросейсмических событий.

Исследования, основанные на микросейсмическом мониторинге, подтвердили возможность эффективного наблюдения и контроля за процессами заводнения. Такой подход обеспечивает оперативное получение информации о направлении распространения фронта заводнения, позволяет сопоставлять эти данные с технологиче-

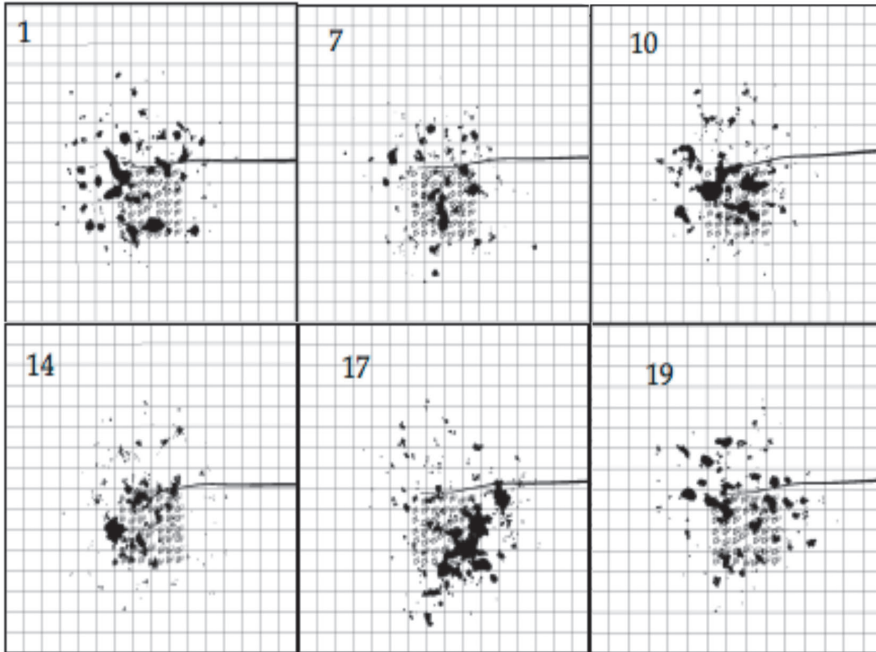


Рисунок 1 – Изоповерхность, отображающая плотность энергии микросейсмических событий, зафиксированных в области скважины № СТ11 на данном месторождении [8]

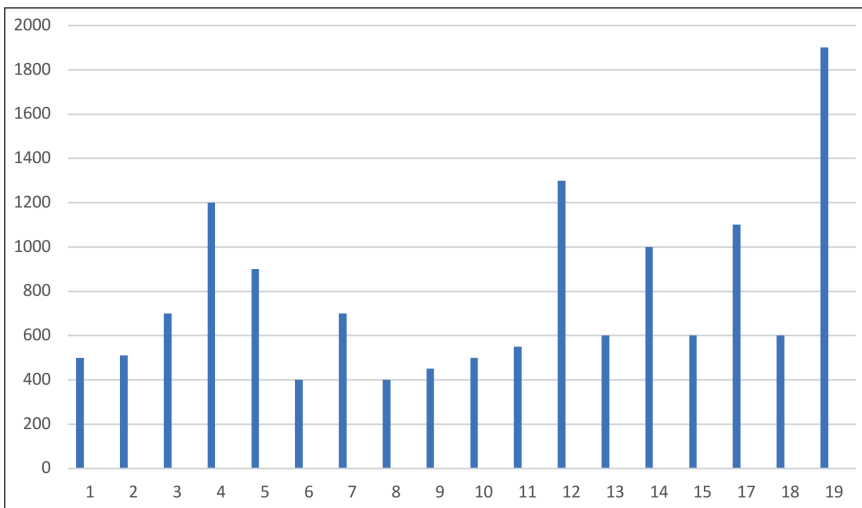


Рисунок 2 – Средние значения энергии микросейсмических событий [8]

скими параметрами режимов закачки, структурой межскважинного пространства продуктивного пласта и, основываясь на полученных результатах, оптимизировать систему разработки месторождения.

Сравнив различные методы стимуляции, можно увидеть, что прогресс в этой области не только связан с интеграцией передовых технологий, но также с систем-

ным сравнительным анализом эффективности инженерных решений и химических подходов. Одним из важных направлений прогресса является интеграция передовых технологий в методы стимуляции [9]. Это включает в себя использование высокотехнологичного оборудования, такого как интеллектуальные скважинные системы, которые позволяют реализовывать точные и адаптивные стратегии стимуляции. Автоматизация процессов, контроль за скважинными параметрами в реальном времени и использование алгоритмов машинного обучения стали важными компонентами современных методов стимуляции. Сравнительный анализ эффективности различных инженерных решений является ключевым этапом в прогрессе методов стимуляции. Разнообразие технологий, таких как гидравлическое разрывание, горизонтальное бурение и управляемое бурение, предоставляют инженерам множество вариантов для адаптации к конкретным геологическим и техническим условиям. Сравнение эффективности этих методов в реальных условиях дает возможность выбора оптимального инженерного решения для каждой конкретной задачи. Важной составляющей прогресса является также химический подход к стимуляции. Применение химических веществ для улучшения проницаемости пород и снижения вязкости нефти способствует более эффективной добыче. Разработка новых химических соединений, адаптированных к особым условиям сверхглубоких залежей, открывает новые горизонты в области стимуляции и увеличивает возможности для извлечения энергоносителей. Следует также отметить, что эффективная стимуляция сверхглубоких залежей требует глубокого понимания геологических особенностей месторождений [10]. Интеграция данных геофизических исследований с инженерными решениями и химическими методами становится ключевым моментом в обеспечении успешной и устойчивой добычи. Интеграция этих элементов позволяет разработать комплексный подход к добыче, способствуя повышению эффективности и устойчивости в условиях современной нефтегазовой промышленности.

Давление в нефтегазовых месторождениях играет ключевую роль в процессе добычи углеводородов и влияет на общую эффективность этого процесса [11]. Оценка текущего уровня давления на месторождении "Северная Трува" представляет собой первоочередной шаг в понимании условий добычи. Специализированные инструменты и измерительные устройства позволяют провести точную оценку давления в скважинах и на поверхности. Это важно для определения текущего состояния месторождения, планирования добычи и выбора оптимальных технологий. Исследование динамики изменения давления дает представление о тенденциях и факторах, влияющих на эти изменения. Анализ временных рядов данных позволяет выявить закономерности, сезонные влияния и возможные причины колебаний давления. Это важно для прогнозирования будущих изменений и разработки стратегий управления давлением с целью оптимизации процесса добычи.

Интеграция этих двух аспектов анализа давления на месторождении "Северная Трува" позволяет создать полное представление о текущем состоянии и динамике этого параметра. Эффективное управление давлением становится ключевым элементом успешной добычи углеводородов, поскольку позволяет минимизировать риски, повышать производительность и обеспечивать устойчивость процесса на долгосрочной основе.

Анализ давления на месторождении "Северная Трува" является неотъемлемой частью стратегии оптимизации добычи углеводородов. Понимание текущего уровня и динамики изменения давления предоставляет фундаментальные данные для принятия обоснованных решений, направленных на повышение эффективности и устойчивости процесса.

В условиях изменчивой природы месторождений и неизбежного снижения давления в процессе добычи, технологии восстановления давления играют ключевую роль в обеспечении устойчивости и эффективности этого процесса [12]. Разработка и применение технологий для поддержания или повышения давления на месторождении представляют собой инновационный подход к проблеме снижения производительности скважин и уменьшения дебита. Одной из таких технологий является внедрение внутрискважинных насосов, которые способны поддерживать требуемое давление и увеличивать добычу углеводородов. Другие методы включают химическую инъекцию для улучшения физико-химических свойств пластов, а также технологии гидравлического разрыва для создания новых трещин и увеличения потока углеводородов.

Оценка эффективности использованных технологий в восстановлении давления на месторождении представляет собой важный этап в процессе их внедрения. Систематический мониторинг и анализ данных позволяют оценить, насколько успешно применяемые технологии соответствуют поставленным целям. Результаты этой оценки могут включать в себя увеличение дебита скважин, повышение производительности и снижение затрат на добычу.

На примере месторождения "Северная Трува" видно, что инновационные технологии восстановления давления играют значительную роль в поддержании устойчивой добычи углеводородов. Эффективность применяемых методов не только определяет экономическую целесообразность проекта, но также влияет на экологическую устойчивость добычи.

Химические реагенты используются для растворения и удаления отложений, солей и других примесей, что способствует поддержанию и улучшению проницаемости пород вокруг скважин. Исследователи стремятся не только к повышению эффективности существующих химических составов, но и к разработке новых, более устойчивых и энергоэффективных формул. Основным вызов в исследованиях связан с разработкой химических реагентов, которые не только эффективны в очистке скважин, но и минимально воздействуют на окружающую среду [13]. Экологически устойчивые химические компоненты становятся приоритетом в свете глобальных требований к снижению негативного воздействия нефтегазовой промышленности на природу. Современные методы, опирающиеся на химические и технические инновации, не только улучшают процессы очистки, но и стремятся сделать их более экологически безопасными и эффективными в долгосрочной перспективе.

Вместе с химическими методами, технические аспекты очистки скважин также находятся в центре внимания исследователей. Разработка современных технологий, таких как механическое и гидравлическое дробление, позволяет эффективно устранять механические преграды и увеличивать проницаемость пород. Технические инновации также включают в себя использование современных материалов для

облицовки стволов скважин, что уменьшает вероятность образования отложений [14]. Одним из прорывов в области технических аспектов очистки скважин является применение нанотехнологий. Наночастицы, внедренные в скважинные флюиды, могут повысить их проникновение в поры породы и улучшить эффективность очистки. Это открывает новые перспективы в области точной и целенаправленной очистки скважин.

Современные методы, опирающиеся на химические и технические инновации, не только улучшают процессы очистки, но и стремятся сделать их более экологически безопасными и эффективными в долгосрочной перспективе.

Технологии восстановления давления становятся неотъемлемой частью индустрии добычи углеводородов, предоставляя средства для поддержания оптимальных условий на месторождениях. Развитие и применение этих технологий содействует устойчивому развитию нефтегазового сектора, снижению экологического воздействия и повышению эффективности добычи энергетических ресурсов.

Одним из ключевых вызовов при работе на месторождениях с низким давлением является необходимость поддерживать или восстанавливать давление в пласте для обеспечения нормального потока углеводородов. Именно здесь химические решения вступают в игру. Применение водяных растворов, полимеров или пены позволяет не только поддерживать давление в скважине, но и улучшать проницаемость пласта [15]. Это существенно повышает эффективность добычи, поскольку улучшенная проницаемость обеспечивает более эффективное перемещение углеводородов к скважине.

Дополнительным аспектом является использование химических реагентов, направленных на оптимизацию свойств флюида в пласте. Это может включать в себя добавление специальных добавок для снижения вязкости флюида или уменьшения его температурной зависимости. Такие подходы позволяют легче перемещать углеводороды в условиях низкого давления, что в конечном итоге содействует увеличению объемов добычи.

В условиях месторождений с низким давлением, повышение эффективности извлечения углеводородов становится важным аспектом стратегии добычи. Исследование методов повышения извлечения при низком давлении требует глубокого понимания геологических и физико-химических особенностей месторождений [16]. Одним из ключевых методов является гидравлический разрыв пласта, который позволяет увеличить проницаемость и создать новые трещины, улучшая тем самым поток углеводородов к скважине. Другие методы включают технологии искусственного поддержания давления, такие как внедрение газа или воды, чтобы поддерживать стабильные условия и обеспечивать непрерывную добычу.

Анализ результатов внедрения улучшенных методов добычи на месторождении предоставляет важную обратную связь для определения эффективности и целесообразности применяемых подходов. Мониторинг изменений в производительности скважин, дебите углеводородов и общей эффективности добычи позволяет судить о успешности внедренных методов. Этот анализ может также включать в себя экономические показатели, такие как снижение затрат на добычу или увеличение прибыли от месторождения.

На основе проведенных исследований можно утверждать, что методы повышения извлечения углеводородов при низком давлении оказывают существенное влияние на эффективность добычи. Применение инновационных технологий позволяет значительно увеличить объем извлеченных ресурсов, что является критическим фактором для устойчивого развития нефтегазовой промышленности.

Улучшение извлечения углеводородов при низком давлении представляет собой необходимый шаг в направлении эффективной и устойчивой добычи. Исследование новых методов и их успешное внедрение содействует оптимизации процесса добычи, снижению затрат и повышению общей эффективности в контексте изменяемых условий месторождений.

Моделирование и прогнозирование изменений давления на месторождении являются важными инструментами для обеспечения эффективного управления добычей углеводородов. Создание математических моделей для прогнозирования изменений давления включает в себя интеграцию различных параметров, влияющих на процесс добычи. Эти модели строятся на основе физических законов, уравнений потока, геологических данных и других релевантных параметров. Важным элементом является учет геологической структуры месторождения, свойств пласта, истории добычи и воздействия технологий на процесс [17].

Сравнение прогнозов с фактическими данными является ключевым этапом в оценке эффективности математических моделей. Систематическое сопоставление прогнозов с реальными данными позволяет определить точность и достоверность моделей. В случае расхождений между прогнозами и фактическими результатами, модели могут быть скорректированы и улучшены для более точных предсказаний.

Применение этих методов моделирования и прогнозирования на месторождении "Северная Трува" предоставляет возможность оптимизировать управление давлением. Точные прогнозы позволяют оперативно реагировать на изменения условий, предупреждая потенциальные проблемы и обеспечивая стабильные условия добычи.

Моделирование и прогнозирование изменений давления на месторождении являются неотъемлемой частью современных технологий добычи углеводородов. Эти математические инструменты обеспечивают не только предсказуемость процесса, но и создают основу для принятия обоснованных решений в управлении давлением. Дальнейшее развитие и совершенствование этих моделей будут способствовать повышению эффективности добычи и устойчивости нефтегазовой промышленности.

Экономическая оценка внедрения улучшенных технологий и методов разработки в нефтегазовой промышленности, особенно при низком давлении на месторождении, является неотъемлемой частью стратегии управления ресурсами и обеспечения устойчивости добычи. Расчет экономической эффективности внедрения улучшенных технологий начинается с оценки затрат на их внедрение и использование. Это включает в себя расходы на приобретение и установку оборудования, обучение персонала, изменения в инфраструктуре и другие связанные с внедрением издержки. Далее проводится анализ ожидаемых экономических выгод, таких как увеличение добычи, снижение операционных расходов и повышение общей эффективности. Оценка затрат и выгод от оптимизированной добычи при низком давлении требует внимательного рассмотрения всех аспектов процесса добычи [18]. Важными крите-

риями являются уровень добычи, энергопотребление, оборудование, обслуживание, а также последующие эффекты, такие как увеличение ресурсной базы месторождения. Сравнение этих данных с экономическими показателями позволяет определить общую экономическую целесообразность и уровень возврата инвестиций.

Применительно к месторождению "Северная Трува" экономическая оценка улучшенных технологий и методов разработки будет иметь важное значение для принятия обоснованных решений. Учитывая изменчивость условий и необходимость устойчивости в долгосрочной перспективе, правильная балансировка между затратами и выгодами становится определяющим фактором для успешной эксплуатации месторождения.

Экономическая оценка играет ключевую роль в решении вопросов управления ресурсами при добыче углеводородов при низком давлении [19]. Анализ эффективности и целесообразности инвестиций в улучшенные технологии помогает создать устойчивые стратегии, способствующие эффективному использованию энергетических ресурсов и сокращению негативного воздействия на окружающую среду.

В условиях современного мира, вопросы устойчивого развития и соблюдение экологических стандартов становятся ключевыми в аспекте добычи углеводородов. Исследование влияния изменений в технологиях разработки на окружающую среду включает в себя анализ всех фаз жизненного цикла добычи, начиная от исследования и разведки, до фазы завершения эксплуатации. Оценка потенциального воздействия на водные и почвенные ресурсы, воздух, биоразнообразие и климат является неотъемлемой частью данного процесса. Также важно изучение воздействия технологий на общественное здоровье и социальную сферу.

Разработка и реализация мер по снижению экологического воздействия является ответственным этапом, направленным на минимизацию отрицательных последствий для природы и общества [20]. Эти меры могут включать в себя использование экологически более безопасных технологий, эффективное управление выбросами, рециркуляцию воды, и внедрение программ по реставрации и реабилитации земель после завершения эксплуатации месторождения.

Применительно к месторождению "Северная Трува", экологические аспекты становятся особенно актуальными в связи с уникальными природными условиями региона. Систематическое исследование воздействия технологий добычи на окружающую среду позволяет разрабатывать стратегии, направленные на балансировку между потребностью в энергетических ресурсах и сохранением экосистемы.

Устойчивость в добыче углеводородов при низком давлении требует не только технического совершенства, но и внимания к экологическим аспектам. Исследование и снижение экологического воздействия являются неперенными элементами ответственного подхода к добыче, способствуя созданию индустрии, ориентированной на устойчивое использование энергетических ресурсов и сохранение окружающей среды для будущих поколений.

Современная промышленность по добыче углеводородов сталкивается с вызовами, связанными с условиями низкого давления на месторождениях, что требует инновационных подходов и применения передовых технологий. Стоит рассмотреть десять ключевых рекомендаций, направленных на улучшение эффективности добычи в таких условиях:

1. Применение водяных растворов, полимеров или пены представляет собой эффективный метод поддержания давления в пласте и увеличения проницаемости. Этот метод играет ключевую роль в создании оптимальных условий для добычи углеводородов из подземных формаций. Водяные растворы могут использоваться для увеличения мобильности углеводородов, облегчая их перемещение в ствол скважины. Полимеры, в свою очередь, могут быть введены с целью улучшения реологических свойств флюидов, что способствует лучшему контролю за потоками в пласте. Использование пены может создать стабильную пенную структуру, что приводит к снижению давления насыщенных газов в пласте, что, в свою очередь, способствует увеличению проницаемости и повышению эффективности добычи углеводородов. Этот комплексный подход обеспечивает оптимальные условия для максимизации извлечения углеводородов из месторождений.

2. Анализ и оптимизация геометрии и конфигурации скважин представляют собой существенные аспекты, оказывающие влияние на улучшение потока флюида в подземных формациях. Эти факторы играют ключевую роль в создании оптимальных условий для эффективной добычи углеводородов. Геометрия скважины включает в себя параметры, такие как ее диаметр, угол наклона, глубина, а также расположение относительно других скважин в месторождении.

Оптимизация геометрии скважин направлена на максимизацию проникновения флюида в пласт и увеличение площади контакта с продуктивными слоями. Различные технические решения, такие как горизонтальное бурение, могут быть применены для создания дополнительных точек контакта с пластом, обеспечивая тем самым более эффективное извлечение углеводородов. Кроме того, оптимизация конфигурации скважин включает в себя рациональное распределение скважин в месторождении с учетом геологических особенностей. Это может включать в себя выбор оптимальных интервалов перфорации, расстояний между скважинами и угла наклона. Правильное планирование конфигурации скважин способствует равномерному распределению давления в пласте и улучшению потока флюида к скважине, что, в свою очередь, содействует увеличению объема добычи углеводородов.

3. Применение методов гидроразрыва является эффективным стимулирующим методом в добыче углеводородов, поскольку он способствует увеличению проницаемости пласта и обеспечивает эффективное извлечение энергоносителей из подземных формаций. Гидроразрыв представляет собой технологию, при которой водяная смесь, иногда с добавлением проппанта (профильного материала), впрыскивается в пласт под давлением, вызывая разрушение породы и создание новых трещин. Этот процесс приводит к увеличению проницаемости пласта путем формирования сети трещин, через которые углеводороды могут свободно перемещаться в ствол скважины. Увеличение проницаемости обеспечивает более эффективный поток флюида к скважине, что в конечном итоге повышает объем добычи углеводородов. Гидроразрыв стимулирует вторичные процессы в пласте, такие как газификация, улучшая механизмы извлечения углеводородов. Этот метод становится особенно полезным в разработке месторождений, где традиционные методы добычи оказываются менее эффективными.

4. Использование химических веществ с целью улучшения свойств флюида, снижения его вязкости или повышения проницаемости пласта является эффектив-

ным методом оптимизации процесса добычи углеводородов. Химические вещества могут быть введены в скважину или прямо в пласт для воздействия на физико-химические свойства флюида и окружающих пород. Снижение вязкости флюида, например, позволяет улучшить его поток и легкость перемещения в стволе скважины. Это особенно полезно при добыче вязких нефтей, где уменьшение вязкости способствует более эффективному извлечению углеводородов. Повышение проницаемости пласта достигается за счет использования химических веществ, которые воздействуют на пористую структуру пород. Это способствует увеличению доступности углеводородов и улучшению их извлечения. Регулируя химический состав флюида, можно достичь оптимальных условий для максимальной эффективности добычи.

5. Применение современных технологий моделирования является ключевым фактором для анализа и предсказания поведения пласта в условиях низкого давления, что существенно облегчает оптимальное планирование процессов добычи углеводородов. Эти технологии представляют собой комплексный подход к созданию математических моделей, отражающих различные физические и химические процессы, происходящие в подземных формациях. С использованием современных программных средств и методов численного моделирования, инженеры и геологи могут проводить детальный анализ воздействия различных факторов на пласт, таких как изменение давления, температуры и состава флюида. Моделирование также позволяет учесть геологические особенности месторождения, структуру пород и многочисленные параметры, влияющие на процессы добычи.

Предсказание поведения пласта в условиях низкого давления с использованием моделирования позволяет инженерам не только оценить текущую ситуацию, но и симулировать возможные сценарии развития событий в будущем. Это обеспечивает возможность более точного планирования стратегий добычи, принятия решений по оптимизации процессов и предупреждения потенциальных проблем.

6. Регулярный мониторинг давления, температуры и других параметров в скважине представляет собой систематическое наблюдение и измерение различных характеристик, осуществляемое с целью оперативного реагирования на изменения условий в подземных формациях. Этот мониторинг выполняется с использованием специализированных измерительных приборов и сенсоров, размещенных внутри или вблизи скважины.

Измерение давления в реальном времени позволяет следить за изменениями давления в пласте, что является важным показателем состояния месторождения. Температурные измерения также играют важную роль, предоставляя информацию о тепловом режиме пласта. Кроме того, регулярный мониторинг других параметров, таких как композиция флюида, уровень насыщения, и характеристики физического состояния пород, обеспечивает более полное понимание процессов в подземных формациях.

Оперативное реагирование на изменения условий, выявленных в результате мониторинга, позволяет принимать информированные решения по управлению процессами добычи. Это включает в себя коррекцию параметров эксплуатации скважины, применение стимулирующих методов, а также планирование долгосрочных стратегий разработки месторождения.

7. Использование современных систем искусственных поднятий, таких как насосные системы, представляет собой передовой метод, направленный на повышение эффективности процесса добычи углеводородов. Эти современные технологии искусственного поднятия обеспечивают механизированный и контролируемый способ поднятия нефти или газа из скважин, даже при условиях, когда естественные механизмы поднятия становятся недостаточными.

Наиболее распространенным примером современных систем искусственных поднятий являются электрические насосы, которые погружаются в скважину и приводятся в действие электродвигателем. Эти насосные системы активно используются для поддержания давления в пласте, повышения продуктивности скважины и обеспечения устойчивого потока углеводородов.

Системы искусственных поднятий не только повышают выработку скважин, но также могут быть адаптированы для работы в различных условиях и на различных типах месторождений. Эти технологии позволяют инженерам и операторам более тщательно управлять процессами добычи, регулировать расходы и повышать общую эффективность месторождения.

8. Применение технологий, нацеленных на снижение энергозатрат, представляет собой важный аспект в стратегии устойчивой и эффективной добычи углеводородов. Одним из ключевых направлений в этом контексте является оптимизация работы насосных систем, что включает в себя применение передовых технологий и методов управления, направленных на повышение энергоэффективности.

Оптимизация насосных систем может включать в себя улучшение дизайна насосов, внедрение систем автоматизации и мониторинга, а также применение инновационных материалов. Эти меры направлены на снижение энергопотребления и оптимизацию рабочих параметров, что способствует эффективному использованию энергии при добыче углеводородов.

Параллельно с оптимизацией насосных систем, использование возобновляемых источников энергии становится важным элементом устойчивости в нефтегазовой промышленности. Внедрение солнечных, ветровых или геотермальных источников энергии может существенно снизить зависимость от традиционных, не всегда экологически чистых источников, и сократить общие выбросы парниковых газов.

9. Регулярные тренинги и обучение персонала представляют собой неотъемлемый компонент в обеспечении их вовлеченности в последние технологические разработки и развитие навыков, необходимых для эффективного управления процессами добычи углеводородов. Эти обучающие мероприятия направлены на поддержание высокого уровня квалификации и компетенций сотрудников, учитывая постоянно меняющуюся природу и требования нефтегазовой промышленности.

Тренинги обычно включают в себя обучение новым технологиям, методам работы и передовым методикам в области добычи углеводородов. Это может включать в себя как теоретические курсы, так и практические тренинги на современном оборудовании. Обучение персонала также охватывает вопросы безопасности и соблюдения стандартов, что является важным аспектом в деятельности, связанной с добычей энергетических ресурсов.

Постоянное обучение позволяет сотрудникам быть в курсе последних технологических инноваций, а также развивать навыки, необходимые для эффективного управления процессами добычи. Это также способствует формированию команды, готовой к внедрению новых подходов и технологий в производственные процессы.

10. Постоянное исследование новых методов и технологий для улучшения добычи углеводородов в условиях низкого давления играет ключевую роль в стимулировании инноваций и динамичном развитии нефтегазовой отрасли. Эта постоянная стремительность к поиску усовершенствованных подходов обеспечивает движущую силу для прогресса в отрасли добычи энергетических ресурсов. Исследования фокусируются на разработке новых методов добычи, а также на улучшении существующих технологий для оптимизации процессов в условиях низкого давления. Это может включать в себя разработку эффективных техник поддержания давления, новых материалов для оборудования, интеграцию передовых методов стимуляции, и другие инновационные подходы.

Такие исследования способствуют созданию передовых решений для сложных проблем, с которыми сталкиваются операторы месторождений с низким давлением. Инновационные методы не только улучшают эффективность добычи, но и позволяют снизить эксплуатационные затраты, увеличить безопасность и снизить воздействие на окружающую среду.

Эти рекомендации являются ключевыми элементами современного подхода к добыче углеводородов в условиях низкого давления и, взятые в комплексе, могут существенно повысить эффективность процесса, сделав его более устойчивым и эффективным.

Обсуждение. Низкое давление на месторождении часто представляет вызов для инженеров и геологов, и поэтому исследования в этом направлении направлены на оптимизацию процессов добычи и повышение общей эффективности.

Данные результаты подтверждают приведенное выше исследование, поскольку непрерывное развитие и исследования в области химии и технических аспектов очистки скважин ведут к совершенствованию этих процессов, повышая эффективность добычи и продлевая срок службы скважин.

Одним из важных аспектов исследований является использование современных технологий для поддержания низкого давления и максимизации извлечения нефти. Применение передовых методов управления давлением и технологий искусственного поддержания давления в скважинах может значительно улучшить добычные показатели. Это включает в себя использование инженерных решений, таких как системы поддержания давления, водоотводные технологии и методы управления заглубленным пространством.

Дополнительно, исследования также ориентированы на изучение геологических и физико-химических особенностей месторождения, чтобы более точно определить оптимальные методы разработки при сохранении низкого давления. Понимание структуры залежей, перегонки нефти в пласте и других факторов может помочь в настройке технологических решений для оптимального извлечения ресурсов.

Такие исследования в области добычи нефти на месторождении "Северная Трува" имеют потенциал не только увеличить объем извлекаемой нефти, но и сде-

лать процесс более эффективным и устойчивым с точки зрения технологической и экологической перспектив.

По результатам последних исследований S. O. N. G. Xinmin, стратегия низкозатратной разработки нефтяных месторождений Китая в условиях низких цен на нефть представляет собой важное направление в энергетической политике страны. Сокращение цен на нефть может оказать серьезное воздействие на прибыльность и конкурентоспособность нефтедобывающих проектов, и, следовательно, требует принятия эффективных стратегий для обеспечения стабильности отрасли. Одним из ключевых аспектов низкозатратной разработки является внедрение передовых технологий и методов, направленных на оптимизацию процессов добычи и снижение общих затрат. Использование современных методов бурения, автоматизации и мониторинга, а также улучшенных технологий поддержания добычи может существенно повысить эффективность и снизить операционные издержки. Важным аспектом стратегии является также диверсификация вложений и развитие многопрофильных проектов, чтобы сглаживать потенциальные финансовые риски. Это включает в себя не только разработку новых месторождений, но и модернизацию существующих, а также активное использование альтернативных источников энергии и возобновляемых ресурсов [21].

Следует отметить, помимо внутренних стратегий, решения Китая по добыче углеводородов на месторождениях с низким давлением могут в значительной степени зависеть от глобальных тенденций и регулирований в энергетической сфере. В частности, стимулирование инноваций и устойчивого развития, а также активное участие в международных энергетических инициативах, может быть важным фактором для успешной стратегии низкозатратной разработки нефтяных месторождений. Опыт Китая в стимулировании инноваций и устойчивого развития может быть использован в контексте "Северной Трувы" для оптимизации стратегий разработки месторождения в условиях изменчивости цен на нефть.

Обращаясь к определению G. Moldabayeva, совершенствование разработки нефтяных месторождений с использованием повышенных методов добычи нефти является ключевым аспектом в стратегии инновационного развития нефтяной промышленности. Повышенные методы добычи, такие как технологии искусственного поддержания давления, химического воздействия на пласт, гидроразрыв пласта и электррезервуарные технологии, позволяют оптимизировать процессы извлечения нефти и максимизировать ее добычу. Одним из важных направлений совершенствования является применение передовых технологий в области сейсморазведки и мониторинга месторождений. Точные геологические данные и информация об изменениях в залежах нефти позволяют более эффективно планировать и внедрять методы добычи, что в свою очередь способствует повышению извлекаемости нефти из месторождений [22].

Эти данные согласуются с тезисами, приведенными в предыдущем разделе. Важным аспектом современных методов добычи также является их направленность на снижение воздействия на окружающую среду. Инновационные технологии позволяют сокращать водоотбор, ограничивать выбросы парниковых газов и обеспечивать более эффективное использование ресурсов. Такие улучшения не только

способствуют повышению добычи, но и придают устойчивость и экологическую ответственность нефтяному производству.

Исследователь Н. Li определил, что текущее состояние технологии низкоуглеродной добычи тяжелой нефти отражает стремление отрасли к снижению воздействия на окружающую среду и повышению устойчивости производства. Низкоуглеродные методы добычи призваны минимизировать выбросы парниковых газов, оптимизировать энергопотребление и уменьшить экологическое воздействие на месторождения. Одним из основных направлений развития является применение технологий, направленных на уменьшение объема парниковых газов при добыче тяжелой нефти. Внедрение методов ингибирования, снижение воздействия на водные ресурсы и применение эффективных систем сбора и обработки отходов становятся важными компонентами стратегии низкоуглеродной добычи. Интеграция возобновляемых источников энергии в процессы добычи. Применение солнечных панелей, ветрогенераторов и других возобновляемых технологий может сократить зависимость от традиционных источников энергии, снизив при этом углеродный след добычи [23].

С этим мнением можно согласиться, эти меры не только улучшают экологическую сторону производства, но и обеспечивают более устойчивую энергетическую базу для тяжелой нефти. В целом, развитие низкоуглеродных технологий в добыче тяжелой нефти представляет собой важный шаг в направлении устойчивого развития нефтяной индустрии.

Исследователь М. Al-Rubaii показал проведенными работами, что очистка скважин при бурении нефтяных и газовых скважин представляет собой критически важный процесс в нефтегазовой промышленности, направленный на поддержание эффективности и производительности скважин. Этот процесс включает в себя применение химических агентов и различных технических методов для устранения осадков, бурового шлама и других загрязнений, которые могут возникнуть в процессе бурения. Химические агенты, такие как кислоты, щелочи и поверхностно-активные вещества, используются для разрушения осадков и облегчения их удаления. Это позволяет поддерживать проницаемость породы и обеспечивать более эффективный поток нефти или газа из скважины. Важным аспектом является также контроль песчаных отложений и предотвращение образования твердых отложений, что способствует улучшению производительности скважины. Технические параметры очистки скважин включают в себя выбор оптимальных методов в зависимости от характеристик скважины, типа породы и степени её загрязненности. Технологии, такие как гидромеханическая очистка, вибрационные методы и применение специализированного оборудования, играют важную роль в достижении оптимальных результатов [24].

Приведенные выше результаты исследования подчеркивают значимость постоянного развития в области химии и технических аспектов, включая, в частности, очистку скважин. Непрерывные исследования в этой области способствуют совершенствованию процессов, связанных с очисткой скважин, что в конечном итоге приводит к повышению эффективности добычи и продлению срока службы скважин.

Как отмечает L. E. I. Qun, прогресс в области методов стимуляции сверхглубоких залежей нефти и газа представляет собой ключевой фактор для эффективной

эксплуатации этих ресурсов, которые ранее были труднодоступными. Сверхглубокие залежи характеризуются высоким давлением и температурой, что создает технические и инженерные сложности при их разработке. Однако современные технологии и методы стимуляции позволяют преодолевать эти вызовы. Одним из направлений развития является применение продвинутых технологий гидравлической разработки, таких как гидроразрыв пласта. Этот метод включает в себя внедрение в скважину высокодавящих жидкостей с примесью проппанта для создания трещин в породе и улучшения потока углеводородов. Гидроразрыв пласта эффективно применяется для стимуляции сверхглубоких залежей, где традиционные методы могут быть менее эффективными. Другим важным направлением является разработка химических методов стимуляции, включая применение ингибиторов осаждения и реагентов для улучшения проницаемости породы. Эти химические решения могут быть специально адаптированы для условий сверхглубоких залежей, где традиционные химические методы могут не быть достаточно эффективными [25].

При сравнении различных методов стимуляции, видно, что прогресс в методах стимуляции сверхглубоких залежей нефти и газа включает в себя не только интеграцию передовых технологий, но и сравнительный анализ эффективности различных инженерных решений и химических подходов. Этот комплексный подход способствует повышению эффективности добычи, а также обеспечивает устойчивость в условиях сверхглубоких залежей. Таким образом, дальнейшее развитие и применение передовых методов стимуляции требует не только инноваций в технологической сфере, но и углубленного исследования в области инженерных и химических аспектов. Этот комплексный подход является ключевым фактором для успешной и устойчивой добычи энергетических ресурсов из сверхглубоких залежей.

Исследователь Z. Kang определил, что расширение исследований запасов при разведке и разработке нефти и газа является важным этапом в эволюции нефтегазовой промышленности. С постоянным ростом мирового спроса на энергию и изменением геополитических условий, эффективное использование новейших технологий и методов становится ключевым фактором для обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития. Современные исследования акцентируют внимание на интеграции передовых технологий, таких как сейсмическая разведка с использованием алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта. Эти методы позволяют более детально анализировать геологические структуры, что, в свою очередь, обеспечивает более точные представления о месторождениях, их размерах и характеристиках. Важным аспектом также является стремление к устойчивости и экологической ответственности в процессе разведки и добычи. Исследования в области разработки технологий, снижающих воздействие на окружающую среду, и улучшения процессов восстановления месторождений подчеркивают важность баланса между энергетическими потребностями общества и сохранением природных ресурсов [26].

Важно отметить, что расширение исследований в разведке и разработке нефти и газа не только повышает точность определения запасов, но и стимулирует инновационное, устойчивое и эффективное развитие нефтегазовой отрасли. Путем сравнительного анализа различных методов и подходов к разведке можно выявить

оптимальные стратегии, способствующие не только росту производительности, но и устойчивости промышленности в долгосрочной перспективе.


Выводы. Исследования, направленные на улучшение эффективности разработки месторождения Северная Трува при поддержании низкого давления, представляют собой важный этап в индустрии нефтегазового сектора. Полученные данные и результаты обследования позволяют сделать ряд важных выводов.

Оптимизация процессов добычи при низком давлении способствует повышению экономической эффективности проекта. Реализация инновационных технологий и методов управления давлением может значительно снизить затраты на добычу и обработку нефти, что в свою очередь положительно сказывается на общей рентабельности проекта.

Исследования позволяют оптимизировать процессы взаимодействия с окружающей средой. Минимизация воздействия на экосистему и соблюдение экологических норм становятся более актуальными в условиях постоянно ужесточающихся требований к устойчивому развитию и охране окружающей среды.

Не менее важным аспектом является повышение безопасности производственных процессов. Исследования по оптимизации добычи при низком давлении способствуют снижению риска аварийных ситуаций и обеспечивают более надежное функционирование оборудования.

Представленные рекомендации являются важными и перспективными шагами в направлении улучшения эффективности процесса добычи углеводородов в условиях низкого давления. Рекомендации в комплексе, обещают существенное улучшение эффективности процесса добычи, делая его более устойчивым и эффективным в условиях низкого давления. Предложенный список рекомендаций направлен на улучшение эффективности добычи в условиях низкого давления. Эти рекомендации, с учетом специфики месторождения "Северная Трува", могут стать основой для оптимизации процессов и повышения устойчивости в добыче углеводородов.

В целом, улучшение эффекта разработки месторождения Северная Трува при низком давлении открывает новые перспективы для отрасли, обеспечивая более эффективное, безопасное и экологически устойчивое освоение энергетических ресурсов. В качестве дальнейших исследований для получения достоверных выводов необходимо расширить сеть наблюдаемых скважин, включая различные технологические и геологические условия, а также продлить временной интервал микросейсмического мониторинга для увеличения статистической базы исследования. 

ЛИТЕРАТУРА

- 1 З. А. Имангожина. Современное состояние газовой отрасли Республики // Вестник университета «Туран» - 2021. - №1. – С.201-208. [Z. A. Imangozhina. Sovremennoe sostoyanie gazovoy otrasli Respubliki // Vestnik universiteta «Turan» - 2021. - №1. – S.201-208.] <https://doi.org/10.46914/1562-2959-2021-1-1-201-208>
- 2 Елемесов К., Сарсенбаев Е., Байбутанов Б., Басқанбаева Д., Онгар Б. Исследование основных факторов понижающих энергетические показатели штанговых глубинных насосов и выбор базовой модификации на основе интеллектуального алгоритма // Вестник КазАТК. – 2023. – Т.127, №4. – С. 491-505. [Elmesov K., Sarsenbaev E., Bajbutanov B., Baskanbaeva D., Ongar B. Issledovanie osnovnyh faktorov

- ponizhayushchih energeticheskie pokazateli shtangovyh glubinyh nasosov i vybor bazovoy modifikatsii na osnove intellektual'nogo algoritma // Vestnik KazATK. – 2023. – Т.127, №4. – С. 491-505] <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2023-127-4-491-505>
- 3 Э. А. Кязимов, Х. М. Исламов. Разработка эффективных составов буровых растворов для повышения качества бурения скважин в Прикаспийской впадине Казахстана // Socar Proceedings – 2023. - №1 – С.19-25 [Kazimov, E. A., & Islamov, H. M. (2023). Razrabotka effektivnykh sostavov burovyykh rastvorov dlya povysheniya kachestva bureniya skvazhin v Prikaspijskoj vpadine Kazahstana // Socar Proceedings – 2023. - №1 – С.19-25] <http://dx.doi.org/10.5510/OGP20230100800>
 - 4 П.С. Романенко, И.Г. Алехин, К.Б. Ашимов, С.А. Губашев. Применение геомеханики при строительстве горизонтальных скважин на месторождениях «Эмбаунайгаз» // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана – 2022. – Т.4(2) – С. 36.-48 [P.S. Romanenko, I.G. Alekhin, K.B. Ashimov, S.A. Gubashev. Primenenie geomekhaniki pri stroitel'stve gorizontalnykh skvazhin na mestorozhdeniyah «Embamunajgaz» // Vestnik neftegazovoy otrasli Kazahstana – 2022. – Т.4(2) – С. 36.-48] https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:Ср65IRU8IPsJ:scholar.google.com/+низким+давлением+на+месторождениях++казахстан&hl=ru&as_sdt=0,10&as_ylo=2021
 - 5 Уразбаев Н.Ж., Нурмаганбетова Б.К., Наурызбаев А.Ж., Айдосова Б.Х., Алибекова А.Б. Финансовая оценка и прогнозирование эффективности инвестиций в "зеленые" технологии для нефтегазовых компаний в Казахстане // Научный журнал «Вестник НАН РК» - 2023. – Т.404(4). – С. 573-591. [Urazbaev N.ZH., Nurmaganbetova B.K., Nauryzbaev A.ZH., Ajdosova B.H., Alibekova A.B. Finansovaya ocenka i prognozirovaniye effektivnosti investitsiy v "zelenyye" tekhnologii dlya neftegazovykh kompaniy v Kazahstane // Nauchnyy zhurnal «Vestnik NAN RK» - 2023. – Т.404(4). – С. 573-591] <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1467.570>
 - 6 Г.М. Аубакирова, Ф.М. Исатаева, С.К.Мажитова, Л.И.Тогайбаева. Декарбонизация горно-металлургического сектора: опыт Казахстана// Вестник университета «Туран» - 2023. -№4. – С.54-69. [G.M. Aubakirova, F.M. Isataeva, S.K.Mazhitova, L.I.Togajbaeva. Dekarbonizatsiya gorno-metallurgicheskogo sektora: opyt Kazahstana// Vestnik universiteta «Turan» - 2023. -№4. – С.54-69.] <https://doi.org/10.46914/1562-2959-2023-1-4-54-69>
 - 7 Duggal, R., Rayudu, R., Hinkley, J., Burnell, J., Wieland, C., & Keim, M. A comprehensive review of energy extraction from low-temperature geothermal resources in hydrocarbon fields // Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2022. – V.154. – P.111865. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121011321>
 - 8 Д. Н. Гапеев, Г. Н. Ерохин, Р. Д. Седайкин, В. И. Строков. Опыт применения микросейсмического мониторинга для контроля заводнения на месторождении Северная Трува.// Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2015. – Вып.10. – С. 133-139.[D. N. Gapeev, G. N. Erohin, R. D. Sedajkin, V. I. Stokov. Opyt primeneniya mikroseyzmicheskogo monitoringa dlya kontrolya zavodneniya na mestorozhdenii Severnaya Truva.// Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. – 2015. – Вып.10. – С. 133-139] <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-primeneniya-mikroseysmicheskogo-monitoringa-dlya-kontrolya-zavodneniya-na-mestorozhdenii-severnaya-truva>
 - 9 Olukoga, T. A., & Feng, Y. Practical machine-learning applications in well-drilling operations // SPE Drilling & Completion – 2021 – V.36(04) – P.849-867. <https://doi.org/10.2118/205480-PA>
 - 10 HAO, F. Enrichment mechanism and prospects of deep oil and gas // Acta Geologica Sinica-English Edition – 2022. – V.96(3) – P. 742-756. <https://doi.org/10.1111/1755-6724.14961>
 - 11 Lysy, M., Fernø, M., & Ersland, G. Seasonal hydrogen storage in a depleted oil and gas field // International Journal of Hydrogen Energy, - 2021. – V. 46(49). – P.25160-25174. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.05.030>
 - 12 Jiang, G., Sun, J., He, Y., Cui, K., Dong, T., Yang, L., ... & Wang, X. Novel water-based drilling and completion fluid technology to improve wellbore quality during drilling and

- protect unconventional reservoirs // *Engineering* – 2022 – V.18. – P.129-142. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.11.014>
- 13 Shaymanova, R. S., Urazov, M. K., Samariddin, E., Yuldosheva, D. N., & Shaymanova, N. X. (2022). Improvement of drilling fluid for construction of wells in arctic shelf water // *Multidisciplinary Journal of Science and Technology* – 2022. – V.2(2). – P.8-11. <https://mjstjournal.com/index.php/mjst/article/view/94>
 - 14 Reddy, P. H. K., Krishna, V. R., & Srinivas, K. Design of landfill liners for fine grained soils using CTRAN/W // *Materials Today: Proceedings* – 2021. – V.45. – P.3413-3418. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.857>
 - 15 Abdelaal, A., Aljawad, M. S., Alyousef, Z., & Almajid, M. M. A review of foam-based fracturing fluids applications: From lab studies to field implementations // *Journal of Natural Gas Science and Engineering* – 2021. – V.95. – P.104236. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2021.104236>
 - 16 Hematpur, H., Abdollahi, R., Safari-Beidokhti, M., & Esfandyari, H. Experimental microemulsion flooding study to increase low viscosity oil recovery using glass micromodel // *Mathematical Problems in Engineering* – 2021. – P. 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/5021868>
 - 17 Tarkowski, R., Uliasz-Misiak, B., & Tarkowski, P. Storage of hydrogen, natural gas, and carbon dioxide—Geological and legal conditions // *International Journal of Hydrogen Energy* – 2021. – V.46(38). – P.20010-20022. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.03.131>
 - 18 Ji, M., & Wang, J. Review and comparison of various hydrogen production methods based on costs and life cycle impact assessment indicators // *International Journal of Hydrogen Energy* – 2021. – V.46(78). – P.38612-38635. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.09.142>
 - 19 Almomhamadi, H., Alamoudi, M., Ahmed, U., Shamsuddin, R., & Smith, K. Producing hydrocarbon fuel from the plastic waste: Techno-economic analysis // *Korean Journal of Chemical Engineering* – 2021. – V.38. – P.2208-2216. <https://doi.org/10.1007/s11814-021-0876-3>
 - 20 Wang, D., Yang, D., Huang, C., Huang, Y., Yang, D., Zhang, H., ... & Zeng, H. (2021). Stabilization mechanism and chemical demulsification of water-in-oil and oil-in-water emulsions in petroleum industry: A review // *Fuel*, - 2021. – V.286. – P.119390. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119390>
 - 21 Xinmin, S. O. N. G., Debin, Q. U., & Cunyou, Z. O. U. Low cost development strategy for oilfields in China under low oil prices // *Petroleum Exploration and Development* – 2021. – V.48(4). – P.1007-1018. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(21\)60085-](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(21)60085-)
 - 22 Moldabayeva, G., Suleimenova, R., Buktukov, N., & Mergenov, M. Improvement of oil field development using enhanced oil recovery methods // *Scientific Bulletin of National Mining University* – 2021. – V.6.http://nvngu.in.ua/jdownloads/pdf/2021/6/06_2021_Moldabayeva.pdf
 - 23 Li, H., Wang, Q., & Wu, Y. Current Status and Development Direction of Low-Carbon Exploitation Technology for Heavy Oil // *Energies* – 2023. – V.16(5). – P.2219. <https://doi.org/10.3390/en16052219>
 - 24 Al-Rubaii, M., Al-Shargabi, M., & Al-Shehri, D. (2023). Hole Cleaning during Drilling Oil and Gas Wells: A Review for Hole-Cleaning Chemistry and Engineering Parameters // *Advances in Materials Science and Engineering* - 2023. - <https://doi.org/10.1155/2023/6688500>
 - 25 Qun, L. E. I., Yun, X. U., Zhanwei, Y. A. N. G., Bo, C. A. I., Xin, W. A. N. G., Lang, Z. H. O. U., ... & Li, S. Progress and development directions of stimulation techniques for ultra-deep oil and gas reservoirs // *Petroleum Exploration and Development* – 2021. – V.48(1). – P.221-231. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(21\)60018-6](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(21)60018-6)
 - 26 Kang, Z., & Liqin, Z. Enhance research on reserves in oil and gas exploration and development integration // *In Oil Forum* – 2021. – V.40, № 2. – P.16).<http://www.sykjlt.com/EN/abstract/abstract4154.shtml>