

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Повжика Петра Петровича
по теме «Научно-методическое обоснование технологий разработки
трудноизвлекаемых запасов нефти Припятского прогиба»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений

1. Актуальность тематики диссертационной работы

В диссертационной работе Повжика П.П. показано, что нефтяные месторождения Припятского прогиба характеризуются высокой геологической неоднородностью продуктивных отложений, сложным строением емкостного пространства коллекторов и наличием систем трещин различного направления, обуславливающих неравномерную выработку запасов по площади и разрезу, преждевременное селективное обводнение добывающих скважин по высокопроницаемым каналам фильтрации (трещинам) или пропласткам пород суперколлекторов. Ресурсная база региона для поддержания добычи нефти ограничена. Остаточные извлекаемые запасы нефти промышленных категорий АВС1 составляют 46,9 млн. тонн, категории С2 – 6,5 млн. При этом 31,477 млн т или 67,1% от суммарных остаточных извлекаемых запасов региона составляют трудноизвлекаемые запасы (ТрИЗ). Традиционные технологии разработки месторождений, применяемые на месторождениях Припятского прогиба, не позволяют увеличить темпы отбора ТрИЗ и, тем более, коэффициент извлечения нефти.

Традиционные природные резервуары, сложенные породами-коллекторами с кондиционными емкостно-фильтрационными свойствами, обеспечивающими извлечение из них углеводородов с помощью относительно простых, широко распространенных технологий, имеют довольно ограниченное распространение и занимают лишь небольшую долю в суммарном объеме осадочных пород региона. Значительные объемы осадочных пород представлены нетрадиционными нефтесодержащими коллекторами. Это тонкослоистые глинисто-кремнисто-карбонатные отложения с низким и средним содержанием органического углерода (Сорг – ср. 1,58% (0,24-8,14%)) аналогичные доманикоидным отложениям Тимано-Печорской провинции. Для извлечения хотя бы какой-то часть запасов нефти из нетрадиционных отложений отсутствует опыт и технологии.

Для увеличения темпов отбора и коэффициента извлечения ТрИЗ требуется адресная работа с открытыми и обустроенными месторождениями,

и оставшимися в залежах запасами, поиск новых способов и технологий увеличения степени их освоения. Поиск новых инновационных подходов, методов и технологий для повышения рентабельности разработки оставшихся трудноизвлекаемых запасов является весьма актуальной задачей. Эта задача решается соискателем путем разработки научно-методического обоснования технологий разработки трудноизвлекаемых запасов нефти Припятского прогиба.

В этой связи считаю, что выполненный и обобщенный в диссертационной работе большой объем теоретических, лабораторных, экспериментальных и промысловых исследований, позволивший автору разработать научно-методическое обоснование технологий разработки ТРИЗ нефти Припятского прогиба, является весьма актуальной задачей для современного этапа развития нефтегазовой отрасли не только Республики Беларусь, но и других нефтегазодобывающих провинций.

2. Постановка задачи исследований

Детальный анализ особенностей и проблем разработки ТРИЗ позволил соискателю сделать заключение, что для разработки технологий увеличения темпов отбора и коэффициента извлечения нефти (КИН) ТРИЗ необходимо определить на какие элементы их свойств должно быть направлено действие новых технологий для достижения поставленных задач. В связи с этим ТРИЗ необходимо разделить на группы (классы) по близким значениям геолого-физических свойств и проблемам разработки. При создании классификации ТРИЗ месторождений Припятского прогиба рассмотрены существующие классификации ТРИЗ и особенности ТРИЗ месторождений Припятского прогиба. Классы ТРИЗ выделены по свойствам нефтей, неблагоприятным характеристикам коллекторов и технологическим проблемам разработки. Это позволило выявить групповые характеристики объектов с ТРИЗ для дифференцированного подбора адресных технологий воздействия с целью увеличения темпов отбора и КИН. Автором разработан универсальный алгоритм системно-адресного планирования новых технологий разработки ТРИЗ, устанавливающий структурные связи между геолого-физическими свойствами ТРИЗ, проблемами их разработки и граничными условиями эффективного применения технологий. Универсальный алгоритм на основе системно-адресного подхода предусматривает выполнение последовательных действий от определения основных геолого-физических характеристик и проблем, не позволяющих эффективно вырабатывать ТРИЗ до обоснования численных критериев эффективного внедрения разработанных новых технологий. Реализация алгоритма позволила сформулировать требования к

технологиям для каждого из классов ТрИЗ Припятского прогиба, которые могут обеспечить значительное увеличение темпов отбора и КИН.

3. Обоснованность научных положений, сформулированных соискателем в диссертации

Первый пункт научной новизны: - *Впервые установлено, что формирование залежи нефти в нетрадиционных коллекторах I-III пачки Речицкого месторождения происходило в условиях генерирования углеводородов из собственного органического вещества (ОВ) и их миграции из погруженной части Речицко-Шатилковской ступени. Результаты выполненных пиролитических исследований керна и расчетов коэффициента трансформации ОВ позволяют прогнозировать зоны локализации запасов углеводородов в нетрадиционных коллекторах других участков их распространения в Припятском прогибе.*

Этот пункт обоснован по результатам большого объема исследований керна нетрадиционных коллекторов (исследовано 237 погонных метров керна), результаты которых представлены во втором разделе диссертационной работы. Для этого автором разработана принципиальная схема изучения нетрадиционных коллекторов. В соответствии с этой схемой подготовлена и выполнена программа тематических исследований по изучению петрофизических, геохимических и геомеханических свойств нетрадиционных коллекторов. В результате исследований отложений I-III пачек Речицкого месторождения выполнена литологическая дифференциация пород по разрезу и по площади, обоснование генерации, миграции пластовых флюидов.

Для оценки генерационного потенциала углеводородов (УВ) отложений I-III пачки по результатам 1252 лабораторных исследований керна на пиролитическом анализаторе НАWK получены зависимости количества УВ, которое может образовываться при полной реализации генерационного потенциала (S₂, мг УВ/г. породы) от концентрации органического вещества в породе (ТОС, %).

Второе и третье положения научной новизны обоснованы по результатам исследований, выполненных в третьей главе диссертации. В ходе анализа систем разработки залежей нефти Припятского прогиба установлено, что в зонах эксплуатации основных стволов скважин, остановленных по причине предельного обводнения добывающей продукции и из которых пробурены боковые стволы, сосредоточены значительные остаточные запасы рассеянной по разрезу нефти. В течение периода покоя зоны пласта вокруг

основного ствола, за счет гравитационно-капиллярной сегрегации, происходит увеличение нефтенасыщенности коллекторов до значений, близких к начальным значениям. Для определения периода сегрегации нефти лабораторными (выполнено 14 экспериментов), промысловыми исследованиями и геолого-гидродинамическим моделированием (ГГДМ) доказана применимость аналитических зависимостей Еременко Н.А., Желтова Ю.В. и др. для массивной и пластовой залежей нефти. На основе аналитических исследований и гидродинамического моделирования обосновано время эксплуатации основного и бокового ствола, которое находится в пределах 8-15 лет и разработана технология реэксплуатации, доказано и сформулировано второе положение новизны: *впервые для месторождений Припятского прогиба на основании гидродинамического моделирования и данных промысловых экспериментов разработан подход к оценке продолжительности периода сегрегации нефти, позволяющий корректно обосновать значения параметров реализации технологии совместной эксплуатации основного и бокового стволов скважин.*

На фильтрационной установке автором проведены исследования по определению начального градиента фильтрации пластового флюида на низкопроницаемых карбонатных образцах керна из матрицы месторождений Припятского прогиба (более 50 экспериментов) и нанесены на график зависимости градиента давления от проницаемости, полученной китайскими исследователями. Результаты определения начального градиента фильтрации для низкопроницаемых коллекторов Припятского прогиба хорошо согласуются с зависимостью, установленной китайскими исследователями Xiong, Yi для низкопроницаемых карбонатных пород порового типа Shegli Chagqing. Эта зависимость подтверждает наличие эффектов обмена флюидами между трещинами и низкопроницаемой матрицей коллекторов и позволила обосновать третий пункт научной новизны: *впервые для геолого-физических условий нефтяных месторождений Припятского прогиба установлена зависимость начального градиента фильтрации от абсолютной проницаемости матрицы коллектора, что позволило обосновать применимость нестационарного (циклического) воздействия посредством многоэтапного регулирования амплитуды и градиента давления между блоками и трещинами.*

Одна из групп ТриЗ, выделенных соискателем при разработке классификации связана с запасами, сосредоточенными в малых залежах, вскрытых одиночными скважинами. Связь с законтурной зоной по этим залежам отсутствует. Бурение дополнительного фонда скважин и полноценная классическая выработка запасов на них путем вытеснения нефти водой

является нерентабельной. Поэтому разработка их ведется на истощение. КИН при разработке на истощение не превышает 7-15%. По результатам геолого-гидродинамического моделирования, практических экспериментов и расчётов, на основании имеющейся истории разработки такой залежи доказан 4-ый пункт научной новизны, согласно которому: *научно обоснована возможность полного использования упругой энергии истощенных залежей с низким пластовым давлением и снижения пластового давления до предельного, близкого к нулю, исключая риск смятия эксплуатационной колонны и позволяющая увеличивать конечный КИН до 0,265 д. ед.*

Некоторые месторождений Припятского прогиба содержат залежи нефти с засоленными коллекторами. В продуктивных отложениях наиболее интенсивно процессы галитовой кольматации проявились в пределах разрывных нарушений, а также вблизи водно-нефтяного контакта (ВНК). Повышенные значения коэффициента засоления коллекторов приурочены также к рассолосодержащим породам, находящимся на границе ВНК.

Низкая начальная (после вскрытия бурением) проницаемость засоленных пород оказывает негативное влияние на эффективность разработки залежей нефти. Установлено, что часть скважин, пробуренных на высокоперспективных площадях и разрабатываемых месторождениях, не дали устойчивого притока жидкости из-за того, что в применяемых технологиях освоения скважин не учитывается засоленность терригенных и карбонатных пород-коллекторов. В результате проведения 352 лабораторных исследования керн и экспериментальных работ на скважинах доказано, что проницаемость засоленного коллектора может быть значительно увеличена за счет частичного или полного растворения галитовых включений и выноса продуктов растворения из пласта вместе с водой и нефтью. Такого результата можно достичь путем закачки пресной или слабоминерализованной воды в засоленный нефтенасыщенный коллектор и последующего отбора жидкости из пласта через эту же скважину. Эти исследования позволили обосновать 5-ый пункт научной новизны, который сформулирован следующим образом: *установлена возможность повышения фильтрационных свойств низкопроницаемых засоленных коллекторов при воздействии на них пресной или подкисленной водой, что является основой эффективных технологий освоения и эксплуатации скважин в указанных осложненных условиях. Для условий Березинского месторождения получена зависимость прироста коэффициента продуктивности скважин от объема используемого агента.*

Исследования по обоснованию 4-ого и 5-ого пунктов научной новизны изложены в пятом разделе диссертации.

В шестой главе диссертационной работы разработана методология планирования зон заложения скважин, технологии их заканчивания, направленные на увеличение объемов дренирования пластов (охвата пластов дренированием), представленных нетрадиционными коллекторами. Выполненные лабораторные исследования керна, включающие 24 бразильских теста, 119 прочностных тестов при одноосном и трехосном сжатии, позволили впервые выявить зависимости между основными упругими и прочностными свойствами нетрадиционных коллекторов Речицкого месторождения Припятского прогиба для решения прикладных задач применения ГРП и увеличения объемов дренирования пластов, обосновать и сформулировать 6-ой пункт новизны: *по данным выполненных комплексных исследований керна получены зависимости между основными упругими и прочностными свойствами нетрадиционных коллекторов Припятского прогиба, что является теоретической основой разработки технологий заканчивания и эксплуатации скважин в нетрадиционных коллекторах.*

В заключении диссертационного исследования, состоящем из 6 пунктов, обобщены разработанные соискателем теоретические подходы, методология и научно обоснованные технологические решения по эффективной разработке месторождений нефти Припятского прогиба с ТРИЗ. В диссертационной работе разработан механизм системного адресного выбора и принцип планирования технологий по критериям их эффективности, проблемам разработки и геолого-физическим свойствам классов ТРИЗ, который позволил создать основу цифрового проектирования методов воздействия на пласт для повышения эффективности их выработки.

Комплексный подход к изучению и разработке залежей нефти в сложнопостроенных коллекторах, использованный в ходе настоящего диссертационного исследования, рекомендуется к применению для условий и других нефтедобывающих регионов.

4. Значимость полученных результатов для практики

Практическое внедрение предложенных технологий на нефтяных месторождениях Припятского прогиба с ТРИЗ показало их эффективность. Уже в период подготовки диссертационной работы за счет опробования и внедрения технологических решений соискателя дополнительно получено более 3 млн т нефти, по ряду залежей зафиксировано увеличение КИН на 3-5 %.

В перспективе при широком внедрении всех разработанных технологий и предложений конечный КИН по залежам с ТрИЗ может быть увеличен на 15–20% и более. К 2026 году ожидаемая добыча нефти за счет внедрения разработанных технологических решений превысит 6,0 млн т нефти, а средний расчетный прирост КИН составит 10,3%.

Основные положения диссертации легли в основу программ опытно-промысловых работ в регионе, направленных на интенсификацию добычи нефти на объектах Припятского прогиба с ТрИЗ. Это позволило не только поддержать уровни добычи нефти, но и нарастить их в последние годы.

5. Соответствие опубликованных трудов и автореферата содержанию диссертации

По материалам диссертационного исследования опубликованы 43 печатные работы отражающих основные результаты выполненных исследований: в том числе 12 публикаций в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 6 статей в изданиях, включенных в международные реферативные базы данных и системы цитирования, 6 патентов ЕАПВ на изобретение, две монографии.

Содержание автореферата в полной мере раскрывает суть представленной диссертационной работы.

6. Замечания

Принципиальных замечаний по диссертационной работе соискателя нет. Однако следует отметить следующие.

1. Во втором разделе диссертационной работе ряд подразделов изложены очень кратко и описательно.

2. Нет описания каким образом получены каждый из 14 основных критериев, используемых для обоснования бурения боковых стволов.

3. Для расчёта ожидаемой дополнительной добычи нефти и конечного КИН на истощённых залежах с низким пластовым давлением была создана гидродинамическая модель залежи. В диссертации отсутствует описание особенностей построенной модели.

Указанные замечания не снижают научной ценности работы соискателя.

7. Заключение

Диссертационная работа Повжика Петра Петровича на тему «Научно-методическое обоснование технологий разработки трудноизвлекаемых запасов нефти Припятского прогиба» посвящена актуальной проблеме нефтегазовой отрасли – увеличению темпов отбора ТрИЗ, имеет научную

новизну, теоретическую и практическую ценность. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, аргументированы и обоснованы

Представленные результаты исследований диссертанта считаю достоверными, поскольку они подтверждены результатами лабораторных экспериментов, ГГДМ и опытно-промышленными данными. Научно-методические подходы к системному адресному планированию и технологические решения соискателя рекомендуются к широкому практическому применению при проектировании разработки и эксплуатации месторождений углеводородов с ТрИЗ не только в пределах Припятского прогиба, но и других нефтедобывающих регионов с близкими геолого-физическими условиями.

Диссертационная работа Повжика Петра Петровича по содержанию и полноте изложенного материала соответствует паспорту специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Диссертация «Научно-методическое обоснование технологий разработки трудноизвлекаемых запасов нефти Припятского прогиба», представленная на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, соответствует требованиям раздела 2 «Порядка присуждения учёных степеней в ПНИПУ» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», принятого на заседании Учёного совета ПНИПУ, протокол №3 от 25 ноября 2021 г. и утверждённого ректором ПНИПУ 09.12.2021 г., а её автор, Повжик Петр Петрович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,
(специальность 25.00.17. (2.8.4.)
Разработка и эксплуатация нефтяных и
газовых месторождений), технический
советник НТС Акционерного общества
«Всероссийский нефтегазовый научно-
исследовательский институт имени
академика А.П. Крылова»

«18» марта 2024 г.



Петраков Андрей
Михайлович

Я, Петраков Андрей Михайлович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Контактные данные:

Акционерное общество «Всероссийский нефтегазовый научно-исследовательский институт имени академика А.П. Крылова»

127422, Россия, г. Москва, Дмитровский проезд, д.10

Телефон: +7 (495) 748-39-50

Адрес электронной почты: APetrakov@nestro.ru

Подпись Петракова Андрея Михайловича заверяю:

Руководитель группы по работе с персоналом

18 марта 2024 г

Павлова Наталья Александровна

Подпись заверителя

Печать организации

