

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук **Попова Сергея Николаевича** на диссертацию **Тананыхина Дмитрия Сергеевича** на тему: «**Научное обоснование системы прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений**», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки).

1. Актуальность темы диссертации

Достаточно большая часть мировых запасов углеводородного сырья сконцентрирована в слабосцементированных или слабоконсолидированных терригенных отложениях. Обычно такие продуктивные пласты находятся на небольших глубинах, в связи с чем, на породу-коллектор действует не такая интенсивная, по сравнению с большими глубинами, величина вертикальных напряжений от пород вышележащей толщи, что обуславливает их слабую консолидацию. Также в силу факторов литогенетического характера обычно твердые частицы такой горной породы имеют между собой либо слабую связь, либо она вообще отсутствует. Вышеперечисленные эффекты приводят к тому, что порода-коллектор обладает низкими прочностными свойствами, в связи с чем, при увеличении эффективных напряжений под воздействием депрессионной воронки в процессе разработки месторождения, слабые контакты между твердыми частицами разрушаются, и они могут быть вынесены вместе с добываемыми нефтью или газом. Ярким примером залежей такого типа является сеноманские отложения Западной Сибири, в которых сконцентрированы одни из самых массивных по запасам залежи нефти и газа в Российской Федерации. Всего же, по некоторым данным, около семидесяти процентов мировых запасов углеводородов находятся в неустойчивых породах-коллекторах, а, следовательно, склонных к пескопроявлению.

Общеизвестно, что вынос песка из пласта в скважину приводит к широкому спектру негативных эффектов: быстрый выход из строя оборудования, вызванный абразивным износом; снижение продуктивности скважин; уменьшение периода эксплуатации скважин, в связи с необходимостью проведения ремонтных работ и т.д. Вместе с тем на инициирование и течение процесса пескопроявления влияет множество факторов, в том числе ориентация, размер и частота перфорационных отверстий; перепад давления при эксплуатации скважины; прочностные свойства породы; пластовое давление; характеристики пластовой жидкости, размер и форма частиц; насыщенность коллектора нефтью, газом и водой; частота остановок и запусков скважины и многие другие факторы. В связи с вышесказанным актуальным научным направлением является разработка научно-технических решений позволяющих прогнозировать условия возникновения интенсивного пескопроявления при добыче углеводородов, и технологий, позволяющих предотвратить подобные эффекты.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9 - 44 ОТ 25.03.25
А У У С

Несмотря на то, что пескопроявление снижает эффективность добычи углеводородов, это явление можно использовать и для повышения продуктивности скважин, регулируя его интенсивность для увеличения проницаемости в призабойной зоне пласта – этот подход называется «управление пескопроявлением». Для этого необходимо контролировать условия, влияющие на вынос породы и их взаимодействие. Анализ мирового опыта разработки подобных месторождений говорит о том, что процесс выноса породы из добывающих скважин – явление, которым можно управлять, как для увеличения продуктивности скважин, так и для повышения эффективности их эксплуатации за счет тщательных исследований наиболее важных факторов в процессе пескопроявлений. Все вышеперечисленное говорит об очевидной актуальности диссертационной работы, представленной к защите.

2. Научная новизна диссертации

Автором, с целью повышения эффективности борьбы с пескопроявлением при разработке нефтяных месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами, предложен комплексный подход к моделированию физико-химических, фильтрационных и геомеханических процессов, протекающих в системе «скважина – ПЗП», а также разработано дерево принятия решений при пескопроявлении, рекомендуемое для использования на стадии проектирования месторождения. Соискателем также рекомендуется использовать систему прогнозирования выноса песка с целью своевременного и оперативного принятия технологических решений для борьбы с разрушением призабойной зоны коллектора. Представленные в диссертационной работе научные результаты в достаточной степени обоснованы, а их новизна заключается в следующем:

1. Автором предложена математическая модель, позволяющая производить прогноз пескопроявлений при разработке нефтенасыщенных пластов, представленных слабосцементированными песчаниками, которая позволяет осуществлять взаимодействие между геолого-геомеханическими данными и свойствами ПЗП, а также технологическими параметрами работы добывающих скважин.

2. Соискателем выявлены закономерности, связывающие количество взвешенных частиц (КВЧ) с основными характеристиками работы добывающих скважин, что позволило разработать научно-методологическую основу для повышения эффективности добычи нефти из исследуемых пластов, минимизировать случаи осложнений при эксплуатации скважин, связанных с пескопроявлениями, а также увеличить сроки их эксплуатации.

3. Установлен механизм разрушения прискважинной зоны слабосцементированного терригенного коллектора, представляющий собой образование червоточин, возникающих при выносе частиц из коллектора в скважину.

4. На основе результатов лабораторных экспериментов, а также с помощью применения методов математического моделирования автором получены зависимости, позволяющие прогнозировать изменение КВЧ в зависимости от таких факторов, как: величина градиента давления; гранулометрического состава породы-коллектора; структуры потока флюида.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждена: масштабными лабораторными исследованиями с использованием образцов керна, отобранных из реальных месторождений; применением современной лабораторной базы и специально разработанных экспериментальных стендов, позволяющих проводить исследования в термобарических условиях, соответствующим пластовым; многочисленными опытно-промысловыми испытаниями разработанных технологий ограничения пескопроявления. Обоснованность подтверждают результаты системных лабораторных, технологических и технико-экономических исследований автора, которые не противоречат наработкам по теоретическому исследованию проблематики. Лабораторные данные получены в согласии с имеющимися стандартами. Результаты математического моделирования согласуются с общепринятыми моделями.

4. Научные результаты, их ценность

Ценность представленных автором научных результатов заключается в создании научно-методических основ системы прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений с терригенными слабосцементированными коллекторами. Автор предлагает осуществлять прогнозирование пескопроявлений на стадии проектирования без использования исторических данных работы фонда скважин, что позволит предотвратить неконтролируемое разрушение призабойной зоны пласта с последующим выносом механических частиц в ствол добывающих скважин.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены соискателем в 36 печатных работах, в том числе: 14 статей – в изданиях из перечня ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора; 10 статей – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Автором диссертации получены 1 патент на изобретение, 1 патент на полезную модель, 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, а также подана 1 заявка на регистрацию патента на изобретение.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в

том, что соискателем разработана система, позволяющая прогнозировать и производить ограничение выноса песка в процессе эксплуатации слабосцементированных терригенных пластов нефтяных месторождений. Данная система основывается на применении, разработанного автором диссертации, целого комплекса научно-технических методов экспериментального и математического моделирования, которые позволяют учесть взаимосвязь между геологическими данными и физико-механическими свойствами ПЗП, а также используют информацию о характеристиках работы добывающих скважин, при этом принимаются во внимание механизмы разрушения ПЗП, установленные лично соискателем.

Представленные в диссертационной работе результаты нашли практическое применение в условиях нефтяных месторождений с терригенными слабосцементированными коллекторами. Среди основных результатов практической значимости диссертационной работы, часть из которых подтверждена патентами и справками о внедрении, можно выделить следующие:

1. Соискателем разработан лабораторно-методический комплекс для физического моделирования эффектов выноса песка, в который входят специально разработанные автором экспериментальные стенды для изучения механизма разрушения околоскважинной зоны коллектора и разработки новых технологий ограничения пескопроявления.

2. Автором предложен новый химический реагент для улучшения прочностных свойств породы-коллектора в пристволенной зоне скважины, разработанный специально для слабосцементированных пластов песчаника. Выявлены и обозначены условия, в которых он будет наиболее эффективен.

3. Разработанное соискателем программное обеспечение для прогноза условий выноса песка, а также технологические решения для предотвращения разрушения околоскважинной зоны коллектора были апробированы в реальных промысловых условиях.

4. Автором диссертации предложена комплексная система для прогноза выноса песка в скважины на разрабатываемых месторождениях, а также предотвращения подобных негативных эффекты. Данная система была обоснована с помощью методов экспериментального и математического моделирования процессов гидродинамики и геомеханики пласта, имеющих место в околоскважинной зоне и реализована в рамках разработанного программного обеспечения, что подтверждено несколькими патентами.

5. Соискателем созданы экспериментальные стенды для лабораторного моделирования и программное обеспечение, которые применяются для обучения студентов в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II».

6. Рекомендации по использованию результатов работы

В результате опытно-промышленного апробирования разработанных подходов к борьбе с

пескопроявлением отмечено, что внедрение полученных результатов позволяет повысить качество проектов по разработке месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами в части обоснованного выбора химических композиций для создания искусственного химического фильтра в призабойной зоне пласта, а также улучшить глубину и степень прогнозирования ожидаемой технологической и экономической эффективности внедрения.

Перспективным направлением развития научно-методических основ прогнозирования и ограничения пескопроявления является масштабирование полученных результатов математического и физического моделирования на месторождениях как с высоковязкими, так и маловязкими нефтями с созданием унифицированного подхода к борьбе с выносом песка из коллектора. Полученные автором научно-методические наработки могут использоваться при обучении студентов нефтегазового профиля.

7. Замечания и вопросы по работе:

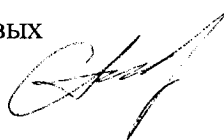
- в пункте 4 научной новизны диссертации, говорится о «структуре потока флюида». Что автор вкладывает в данный термин в контексте описанной научной новизны?
- на стр. 82 диссертации указаны требования к математической модели: эффективный прогноз без истории о КВЧ и требует ограниченное количество необходимых данных. Действительно ли модель удовлетворяет таким требованиям, т.к. для построения корреляционных зависимостей автор все же использует промысловые данные?
- странным кажется отсутствие влияния забойного давления на КВЧ (рис.2.17 на стр.123 диссертации), т.к. снижение забойного давления должно приводить к увеличению напряжений, т.е. риску разрушения породы и выносу песка. Как это можно объяснить?
- рис. 2.15, 2.16. стр. 121 диссертации. За счет чего изменялась вязкость нефти, если это одно месторождение или все-таки использовались данные с разных месторождений? Какая была при этом обводненность? Почему отличается характер роста данных зависимостей для горизонтальных и вертикальных скважин?
- от чего зависела длина насыпных моделей при экспериментальных исследованиях? Может ли этот параметр влиять на конечный результат эксперимента?
- каков был смысл использования насыпных моделей, если есть естественный керн? Почему в некоторых экспериментах применялись насыпные модели керна, а в некоторых реальные образцы – от чего это зависело?
- изучалось ли влияние горного давления на КВЧ (стр.166)? С одной стороны, чем более высокие напряжения, тем лучше зажаты частицы между собой – должно быть меньше КВЧ или это не так? С другой стороны – высокие напряжения приводят к разрушению породы.
- стр.240 диссертации, почему концентрация смол бралась одинаковая, именно 40%

8. Заключение по диссертации

Вышеприведенные замечания не принижают достоинства выполненного диссертационного исследования на тему: «Научное обоснование системы прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений», представленного на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки). Диссертация является законченным научным трудом, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Тананыхин Дмитрий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки).

Официальный оппонент:

главный научный сотрудник лаборатории
нефтегазовой механики и физико-химии пласта,
доктор технических наук (специальность 25.00.17
разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений)



Попов Сергей Николаевич

17.03.2025г.

Сведения об официальном оппоненте:

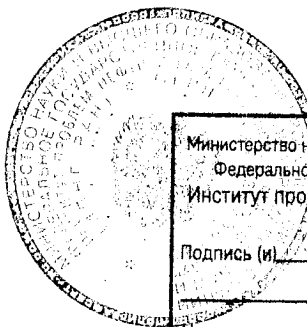
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН)

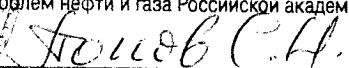
Почтовый адрес: 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3, ИПНГ РАН

Официальный сайт в сети Интернет: www.ipng.ru

эл. почта: porov@ipng.ru

тел. +7 (916) 561-27-75



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук	
Подпись (и)	
_____ завляю	
Начальник организационного отдела В.Д. Батаев	
тел.: +7 499 135 72 63	дата 17.03.2025г.