

**официального оппонента, доктора технических наук, профессора  
Антониади Дмитрия Георгиевича 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**

### **Актуальность темы диссертации**

Разработка месторождений с терригенными слабосцементированными коллекторами неизбежно связана с процессом пескопроявления. Первоначальное равновесное напряженное состояние горных пород нарушается уже в процессе бурения, освоения, а также в процессе дальнейшей эксплуатации скважин при создании депрессии на пласт. Когда возникающие в призабойной зоне напряжения превышают предел прочности пород, происходит их разрушение. Как следствие, повышенная концентрация взвешенных частиц горной породы в добываемой продукции становится причиной нарушений в работе погружного и наземного оборудования, а также приводит к снижению коэффициента эксплуатации скважин из-за увеличения частоты и продолжительности ремонтов и, в результате, повышению операционных затрат.

На этапе освоения скважины, вскрывшей слабосцементированный коллектор, основной задачей является обеспечение добычи углеводородов без критического содержания механических примесей, сохраняя при этом продуктивность скважины и минимизируя сроки освоения скважины в условиях создания щадящей депрессии. При разработке месторождений с терригенными слабосцементированными коллекторами необходимо не только обоснованное применение высокоэффективных технологических решений, но и обеспечение качественного инжиниринга данных работ, включающего планирование и проектирования всего комплекса работ. В связи с этим представленная диссертационная работа является весьма актуальной и своевременной для нефтедобывающей отрасли России.

### **Научная новизна диссертации**

Новизна представленных в диссертации результатов заключается в том, что автором разработана математическая модель прогнозирования пескопроявления при разработке нефтяных месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами, обеспечивающая взаимосвязь между геологическими, геомеханическими свойствами ПЗП и технологическими параметрами работы добывающих скважин; установлены зависимости количества взвешенных частиц, выносимых из пласта, от технологических параметров работы скважин, что создает методологическую основу оптимизации процессов добычи нефти с целью минимизации осложнений и увеличения эксплуатационного ресурса скважин; установлен механизм разрушения призабойной зоны нефтяного терригенного пласта в виде образования червоточин. Определена значимость структурообразующих частиц в поддержании геомеханической прочности пласта и установлено, что при стационарной фильтрации, вне зависимости от объема исходного содержания

глинистого материала, происходит значительный вынос алевритовой фракции уже на этапе освоения скважины; установлены зависимости изменения количества взвешенных частиц в скважинной продукции от градиента давления, структуры потока флюида, гранулометрического состава пласта-коллектора.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждена: теоретическими исследованиями с использованием методов сравнительного и многофакторного анализа; результатами лабораторных исследований с использованием высокотехнологичного оборудования и специально разработанных экспериментальных стендов, позволяющих проводить исследования в условиях, максимально приближенных к пластовым; воспроизводимостью результатов экспериментальных исследований; сопоставлением результатов численного моделирования с промысловыми данными.

### **Научные результаты, их ценность**

Представленные в диссертационной работе Тананыхина Д.С. научные результаты обоснованы достаточным объемом теоретических, экспериментальных и промысловых исследований.

Автор предлагает осуществлять повышение эффективности борьбы с пескопроявлением при разработке нефтяных месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами путем применения разработанной комплексной системы прогнозирования и ограничения пескопроявления, обеспечивающей взаимосвязь между геологическими, геомеханическими свойствами призабойной зоны продуктивного пласта и технологическими параметрами работы добывающих скважин.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 36 печатных работах, в том числе в 14 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 10 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. 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.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

Теоретически значимым результатом диссертационного исследования следует считать созданную автором систему прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами, основанную на использовании предложенного комплексного физического и математического моделирования, обеспечивающего взаимосвязь между геологическими, геомеханическими свойствами призабойной зоны пласта и технологическими параметрами работы скважин, и с учетом установленных автором механизмов разрушения ПЗП. Этот результат диссертационного исследования безусловно вносит определенный вклад в теорию разработки нефтяных месторождений.

Основные положения диссертации прошли широкую апробацию через открытые публикации, выступления на различных научно-технических конференциях

и семинарах, при защитах научных отчетов.

Результаты диссертации Тананыхина Д.С. характеризуются практической значимостью. В качестве основных результатов практической направленности диссертационной работы можно отметить следующие:

1. Создан лабораторно-методический комплекс для физического моделирования процесса пескопроявления, оснащенный специально разработанными экспериментальными стендами (патент на полезную модель РФ № 220168) для изучения механизма разрушения призабойной зоны пласта и разработки новых технологий ограничения пескопроявления. Разработанный комплекс апробирован совместно с ООО "Сэнд Контрол Лаб" в условиях ряда месторождений (справка о применении от 11.12.2024).

2. Разработан химический состав для повышения геомеханической прочности призабойной зоны слабосцементированных терригенных коллекторов, установлена область его эффективного применения.

3. Ряд разработанных программ по прогнозированию процесса пескопроявления и технологий борьбы с разрушением призабойной зоны пласта нашел промышленное применение, в том числе программа для расчета максимально-возможного размера частиц породы, выносимых потоком пластовой жидкости с границ призабойной зоны при эксплуатации добывающих скважин (справка о внедрении от 19.06.2024).

4. Предложена комплексная система прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами, основанная на физическом и математическом моделировании гидродинамических и геомеханических процессов в системе «скважина – ПЗП». Данная система реализуется с помощью запатентованного комплекса специализированных программ ЭВМ №№ 2020611693, 2021669046, 2023685531, 2024684784).

5. Созданы экспериментальные стенды для физического моделирования и программное обеспечение, используемые в учебном процессе в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» при обучении студентов и проведении курсов повышения квалификации (справка об использовании от 30.08.2024).

#### **Рекомендации по использованию результатов работы**

Для повышения эффективности борьбы с пескопроявлением при разработке нефтяных месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами автор предлагает применять разработанную математическую модель, позволяющую определить количество взвешенных частиц в скважинной продукции уже на стадии проектирования системы заканчивания скважины. Созданная модель с использованием градиентного бустинга, позволяет определить зависимости между количеством взвешенных частиц и основными технологическими параметрами (депрессия, дебит нефти, обводненность, вязкость нефти) без использования исторических данных о КВЧ.

Результаты технико-экономического обоснования показали, что внедрение комплексного подхода к моделированию процесса пескопроявления и учет его результатов в операционной деятельности компании позволяет увеличить межремонтный период работы скважин и предотвратить потери в добыче нефти.

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 пескопроявлением.

### **Замечания и вопросы по работе**

1. Указанные в математической модели параметры являются зависимыми друг от друга согласно основополагающим законам течения жидкости, при этом не ясно каким образом осуществляется учет взаимозависимых параметров в разработанной математической модели выноса механических частиц.

2. В основе получения достоверных результатов физического моделирования лежит правдоподобное воссоздание условий залегания и насыщения насыпной модели пласта в соответствии с реальными показателями пласта-коллектора. При этом отсутствует пояснение каким образом обеспечивается достоверность проведенных исследований.

3. По результатам физического моделирования автором установлено уменьшение интенсивности пескопроявления вне зависимости от применяемых механических фильтров, что свидетельствует об отсутствии необходимости применения технологий борьбы с разрушением призабойной зоны пласта, тогда становится не очевидным в данном случае целесообразность разработки дерева принятия решений при пескопроявлении.

### **Заключение по диссертации**

Диссертация «Научное обоснование системы прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки) 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**, директор высшей инженерной школы «Нефтегазовый и энергетический инжиниринг», доктор технических наук, профессор

**Антониади Дмитрий Георгиевич**

Подпись официального оппонента Антониади Дмитрия Георгиевича заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета  
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный  
технологический университет»

**Сведения об официальном оппоненте:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»

350072, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2

[www.kubstu.ru](http://www.kubstu.ru) [rector@kubstu.ru](mailto:rector@kubstu.ru), +7 861 255-84-01



В.В. Гончар