

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Автономного учреждения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры "Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана", к.т.н.

Андрей Григорьевич Копытов

«01» 09 2023 г.

## ОТЗЫВ

Ведущей организации – Автономного учреждения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры "Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана" на диссертационную работу Соколова Ильи Сергеевича на тему: «ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НИЗКОПРОНИЦАЕМОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ЗАЛЕЖЕЙ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки).

### 1. Актуальность темы.

Добыча из залежей с низкопроницаемым коллектором в настоящее время имеет растущий тренд, обеспечивая тем самым стабилизацию добычи в Западной Сибири. Поэтому актуальной задачей является необходимость поиска наиболее эффективных подходов к разработке трудноизвлекаемых запасов, содержащихся в низкопроницаемых коллекторах.

На смену периоду наибольшей активности исследований в области технологий заканчивания отдельных скважин (горизонтальные с многостадийными ГРП, многозабойные, многоствольные и др.) приходит период поиска наиболее эффективных и адаптированных для низкопроницаемых коллекторов систем разработки.

В данной работе ставятся и решаются вопросы исследований техногенных преобразований низкопроницаемого коллектора с последующим использованием данных известных процессов в целях организации наиболее эффективных систем разработки с применением самых современных технологий заканчивания скважин.

Целью исследования является повышение нефтеотдачи залежей низкопроницаемых коллекторов путем исследований сформированной системы каналов низкого фильтрационного сопротивления и обоснования их применения в качестве элемента технологии эксплуатации при заводнении.

### 2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованности полученных научных результатов подтверждается согласованностью аналитических выкладок с результатами гидродинамического моделирования и фактически достигнутыми показателями внедрения рекомендаций на эксплуатационных объектах месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь, что подтверждается двумя актами внедрения, представленным в диссертационной работе.

### **3. Достоверность результатов диссертации**

Достоверность полученных результатов исследований подтверждается согласованностью аналитических выкладок с результатами гидродинамического моделирования и фактически достигнутыми показателями внедрения рекомендаций на эксплуатационных объектах месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь».

Основные результаты работы прошли апробацию Центральной комиссии по согласованию технических проектов разработки месторождений углеводородного сырья при рассмотрении проектных документов на разработку, а также при подготовке и обосновании предложений по эксплуатационному бурению на производственных совещаниях в ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь».

### **4. Значимость для науки и практики результатов диссертационных исследований, полученных автором**

*Научная новизна заключается в следующем:*

1. Разработан новый методический подход к обоснованию эффективной системы разработки низкопроницаемого терригенного коллектора с учетом динамической системы техногенно-сформированных каналов низкого фильтрационного сопротивления.

2. При проектировании разработки низкопроницаемого объекта Кочевского месторождения впервые обосновано применение техногенно-сформированных каналов низкого фильтрационного сопротивления в качестве элементов технологии эксплуатации при заводнении.

*Практическая значимость работы состоит в следующем:*

Результаты исследования автора используются в качестве инструмента при обосновании систем разработки низкопроницаемых объектов на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» при выполнении проектных документов на разработку. Подготовленные методические решения используются для геолого-технических мероприятий по повышению эффективности систем разработки залежей с низкопроницаемыми коллекторами на месторождениях компании-недропользователя, что в свою очередь позволяет увеличить коэффициент извлечения нефти, а, следовательно, и добычу нефти.

### **5. Личное участие автора в получении научных результатов.**

Личный вклад Соколова И.С. заключается в самостоятельном анализе исходной информации, проработке литературных источников по тематике работы, изучению фактического материала по вопросу динамического преобразования низкопроницаемого коллектора при организации заводнения. Ключевым вкладом автора является разработанный лично методический подход по обоснованию системы разработки и формирование рекомендаций по повышению нефтеотдачи объектов исследования.

### **6. Оценка содержания диссертации, ее завершенность.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций, и списка использованных источников. Текст изложен на 120 страницах машинописного текста, содержит 19 таблиц и иллюстрирован 66 рисунками; список литературы включает 47 наименований.

*В первой главе* выполнен критический анализ реализуемых систем разработки на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь». Приведена оценка состояния

природно-техногенной системы, определяющей разработку нефтяных залежей. Освещены результаты эксплуатации горизонтальных скважин и многозабойных скважин. На примере отдельных объектов разработки показаны проблемные области реализуемых систем.

Рассмотрены и представлены основные работы Р.И. Медведского, А.А. Севастьянова, А.В. Афанасьева, А.С. Трофимова и других ученых посвященные естественной и техногенной трещиноватости на терригенных пластах Западной Сибири, изучению условий их образования, учета напряженно-деформационного состояния пласта.

Ключевой вывод, первой главы состоит в том, проектный КИН, даже максимально корректно обоснованный на детерминированной модели начального состояния геологического объекта, может быть не достигнут, по причине снижения коэффициента охвата пласта заводнением в результате техногенных изменений коллектора в процессе интенсивной эксплуатации.

Таким образом, исследования и разработка методических подходов, направленных на повышение детальности гидродинамического моделирования, воспроизведение и использование эффектов преобразования коллектора на низкопроницаемых залежах с целью повышению эффективности систем разработки актуальны и своевременны.

**Во второй главе** приведены результаты специальных геофизических гидродинамических и трассерных исследований, направленные на исследования техногенных изменений низкопроницаемых коллекторов в процессе разработки залежей с множественными ГРП и интенсивными системами поддержания пластового давления методом заводнения.

Отмечено, что для низкопроницаемых терригенных коллекторов Западной Сибири характерен поровый тип коллектора с элементами природной трещиноватости при интенсивной разработке которого, имеет место переход его к смешанному типу. Фильтрация в дальнейшем определяется именно техногенной, трещинной составляющей и характеризуется нелинейными эффектами.

Выполнен анализ коэффициента работающей мощности в наклонно-направленных и горизонтальных нагнетательных скважинах с целью установления закономерностей его изменения в зависимости от забойного давления в областях до и после давления раскрытия трещин ГРП. По результатам которого отмечено увеличение работающих мощностей в режиме «Авто-ГРП», что в свою очередь может обеспечить увеличение коэффициента охвата пластов заводнением.

В главе делается акцент на том, что интенсивная разработка низкопроницаемых объектов с применением заводнения неизбежно меняет его структуру. На первый план выходит именно трещинная составляющая фильтрации. При этом, отмечается, что умелое использование результатов данных преобразований может дать положительный эффект.

**Третья глава** посвящена геолого-гидродинамическому моделированию объекта исследования. Приведены основные исходные данные для моделирования, шаги создания модели в гидродинамическом симуляторе и связь трехмерной модели пласта с моделями трещин параметры которых рассчитываются в симуляторах ГРП.

Приведена разработанная в процессе моделирования зависимость множителя проницаемости от давления в ячейке ГДМ которая необходима для воспроизведения эффекта «Авто-ГРП» на нагнетательных скважинах при организации интенсивной закачки и может быть использована для решения подобных задач в дальнейшем.

В рамках главы предложен методический подход, предполагающий пошаговое создание, адаптацию и верификацию гидродинамической модели с привлечением как гидродинамического симулятора, так и симулятора трещин ГРП. С целью обоснования варианта, предусматривающего целенаправленное преобразование низкопроницаемого коллектора при разработке.

Итогом работ в рамках третьей главы является адаптированная и подготовленная к использованию трехмерная гидродинамическая модель, в которой воспроизведены исторические процессы преобразования коллектора и заложены механизмы аналогичных преобразований на не разбуренных площадях в прогнозный период.

**В четвертой главе** выполнена апробация предложенного методического подхода для объекта исследования. На основании аналитической проработки и текущего опыта реализации систем разработки выполнены расчеты вариантов корректировки известной системы разработки низкопроницаемого коллектора.

В качестве мероприятий по повышению эффективности, с учетом имеющихся и проектируемых трещин ГРП и «Авто-ГРП» было рассмотрено применение горизонтальных скважин различной протяженности, сближение зон закачки и отбора, различное количество стадий ГРП, переход на горизонтальные нагнетательные скважины и др.

Мероприятия рассматривались последовательно, на первом этапе оценен вариант реализации режима «Авто-ГРП», который подтвердил свою применимость и эффективность. По результатам расчетов прирост накопленной добычи нефти по данному варианту в расчетный период составил 22% относительно варианта без «Авто-ГРП».

По результатам серии расчетов сформирован рекомендуемый вариант разработки для объекта исследования, реализация которого позволит увеличить технологическую и экономическую эффективность разработки объекта. Приведено расчетное увеличение добычи нефти (более 1,5 млн. т), коэффициента охвата и КИН на 0,05 ед.

Кроме проработанных объектов исследования, в работе даны предложения по тиражированию метода на Ачимовские и Тюменские отложения Западной Сибири, разработка которых имеет схожую проблематику. Учитывая низкую проницаемость данных отложения и, как правило, значительную расчлененность и невыдержанностью коллекторов по латерали данные предложения также являются актуальными.

Таким образом, итогом четвертой главы являются подготовленные решения направленные на повышение эффективности разработки конкретных объектов исследования.

**В заключении** представлены основные результаты, полученные при решении поставленных задач, даны рекомендации дальнейших исследований.

Ключевым выводом работы является целесообразность и даже необходимость использования результатов преобразования порового пространства низкопроницаемого коллектора в целях комплексного повышения технологической и экономической эффективности, для чего предложены соответствующие методические решения.

#### **7. Рекомендации по использованию результатов диссертации**

Результаты диссертационной работы следует рекомендовать для использования при дальнейших исследованиях особенностей разработки залежей низкопроницаемых коллекторов. Среди положительных результатов, полученных в рамках диссертационной работы, стоит отметить обобщение результатов промыслово-геофизических исследований по оценке зависимости между давлением закачки при ГРП и коэффициентом работающей

толщины. Установлено, что для неоднородных и монолитных пластов зависимости разные, хотя в обоих случаях близки к линейным с положительной корреляцией соответствующих величин. Полученное обобщение может послужить основой для дальнейших исследований по теме динамического преобразования коллекторов, в т.ч. влияния гидроразрыва на охват пласта разработкой. Последнее может даже рассматриваться как фактор научной новизны, поскольку гидроразрыв принято относить к методам интенсификации отборов, чье применение не влияет на конечную нефтеотдачу

#### **8. Замечания к диссертационной работе.**

1. В диссертационной работе приводятся термины: трещина ГРП, трещина «Авто-ГРП», естественная трещиноватость, техногенная трещиноватость. При этом не дано четких определений, что подразумевается Автором под каждым из них. И не приведены методы их различения, выделения вклада каждого вида трещиноватости.

2. В работе большое внимание уделено исследованию влияния нагнетательных скважин и эффектам «Авто-ГРП» при этом не приведено конкретных рекомендаций по забойным давлениям нагнетания для определенных геологических условий.

3. В работе отмечено, что реализация предложенного методического подхода позволяет повысить точность прогнозов и эффективность предлагаемых мероприятий. В этой связи, требуется пояснения какие именно отличия от «традиционной» схемы обоснования вариантов разработки позволяют обеспечить указанные эффекты.

#### **9. Заключение о соответствии критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Основные результаты по теме диссертации изложены в 14 печатных статьях, в том числе 5 статей в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и в международные системы цитирования. Тематика публикаций соответствует теме диссертации и отражает содержание диссертационной работы. Автореферат соответствует содержанию полного текста диссертации.

Диссертация Соколова Ильи Сергеевича «Геолого-техническое обоснование применения динамического преобразования низкопроницаемого коллектора для повышения нефтеотдачи залежей с трудноизвлекаемым запасами» является законченной научно-квалифицированной работой и посвящена актуальной проблеме. Полученные автором научные и практические результаты могут повысить эффективность проводимых геолого-технических мероприятий, что имеет существенное значение для развития нефтяной промышленности Западной Сибири.

Область исследования соответствует паспорту специальности 2.8.4 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», в частности, п. 2: «Геолого-физические, геомеханические, физико-химические, тепломассообменные и биохимические процессы, протекающие в естественных и искусственных пластовых резервуарах и окружающей геологической среде при извлечении из недр и подземном хранении жидких и газообразных углеводородов и водорода известными и создаваемыми вновь технологиями и техническими средствами для развития научных основ создания эффективных систем разработки, обустройства и эксплуатации месторождений и подземных хранилищ жидких и газообразных углеводородов и водорода, захоронения кислых газов, включая диоксид углерода»; п. 3 – «Научные основы технологии воздействия на межскважинное и околоскважинное пространство и управление притоком пластовых

флюидов к скважинам различных конструкций с целью повышения степени извлечения из недр и интенсификации добычи жидких и газообразных углеводородов».

Диссертационная работа Соколова Ильи Сергеевича отвечает требованиям, предъявленным ВАК РФ к кандидатским диссертациям в соответствии с п. 9-14 (постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842) «Положения о присуждении ученых степеней» и ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки).

Диссертация и отзыв рассмотрены и обсуждены на расширенном заседании лаборатории моделирования и анализа разработки нефтяных месторождений, входящей в состав отделения мониторинга разработки нефтяных месторождений. Отзыв утвержден на заседании научно-технического совета АУ «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпилемана» 23 августа 2023 года, протокол №2.

*Я, Левкович Сергей Владимирович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.*

Заместитель директора по науке  
АУ «НАЦ РН им. В.И. Шпилемана»,  
к.т.н. (по специальности - 25.00.17 Разработка  
и эксплуатация нефтяных и газовых  
месторождений)  
тел. 8(3452) 62-19-02  
эл.почта: levkovich@crnu.ru

01.09.23 С.В. Левкович

*Я, Печерин Тимофей Николаевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.*

Старший научный сотрудник  
лаборатории моделирования и  
анализа разработки нефтяных  
месторождений АУ «НАЦ РН им. В.И. Шпилемана»,  
к.т.н. (по специальности - 01.02.05 Механика  
жидкости, газа и плазмы)  
тел. 8(3452) 40-57-27  
эл.почта: timofey\_crn@mail.ru

Подписи Левковича С.В. и Печерина Т.Н. заверяю:

Ведущая организация: Автономное учреждение Ханты-Мансийского автономного округа Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпилемана»

Адрес ведущей организации: 628007 Россия, Тюменская область, Ханты-Мансийск, ул. Студенческая, 2.

Тел./факс: (3467) 35-33-02, 32-62-91, E-mail: info@nacrn.hmao.ru

