

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе

Портнягина Альберта Серафимовича

«Особенности образования газовых гидратов при добыче нефти методом полимерного заводнения на месторождениях юго-западной Якутии», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.7. – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Разработка нефтяных месторождений в регионах с распространением многолетнемерзлых пород (ММП) сопряжена с объективными сложностями, обусловленными наличием аномально низких пластовых температур и давления, высокой минерализацией пластовых вод и рисками образования газогидратов. Для месторождений юго-западной Якутии, являющихся сырьевой базой для экспорта углеводородного сырья из России в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, эти проблемы особенно значимы. Низкий коэффициент извлечения нефти (КИН), прогнозируемый на уровне 28.7%, диктует необходимость применения на этих месторождениях методов увеличения нефтеотдачи (МУН), среди которых наиболее перспективным является полимерное заводнение. Однако применение водорастворимых полимеров в условиях криолитозоны может интенсифицировать процессы образования гидратов пластовых газов в призабойных зонах скважин и добывающем оборудовании, что приведет к технологическим осложнениям и аварийным ситуациям.

Таким образом, комплексное исследование термобарических и кинетических закономерностей гидратообразования при закачке полимерных растворов в специфических условиях Якутии является чрезвычайно актуальной научно-технической задачей. Представленная диссертационная работа направлена на решение этой задачи, что определяет ее высокую востребованность как с научной, так и с практической точек зрения.

Научная новизна работы в полной мере соответствует полученным результатам:

1. Впервые выявлены термобарические и кинетические особенности образования, а также компонентный состав газовых гидратов природного газа в модельных песчаных средах, насыщенных пластовыми флюидами и растворами полимеров в условиях, адекватно моделирующих условия нефтяных месторождений юго-западной Якутии.

2. Экспериментально установлена роль различных полимеров (ПАА, Na-КМЦ, ПЭГ) в процессах гидратообразования: выявлены свойства ПАА как кинетического промотора, а

Na-КМЦ и ПЭГ – как кинетических ингибиторов. Это важное фундаментальное знание, имеющее прямое прикладное значение.

3. Впервые проведена комплексная оценка влияния природных (мощность ММП, минерализация пластовых вод) и техногенных (продолжительность закачки, тип вытесняющего агента) факторов на вероятность гидратообразования как в призабойной зоне нагнетательных скважин, так и на устье добывающих скважин, с применением расчетной методики А.Ю. Намиота.

4. Экспериментально обоснован выбор раствора Na-КМЦ с концентрацией 5 г/л в качестве наиболее предпочтительного агента для полимерного заводнения в условиях Якутии по совокупности критериев: совместимость с пластовыми флюидами, стабильность реологических свойств, высокие нефтевытесняющие характеристики, низкая склонность к образованию эмульсий и гидратов.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений и обеспечивается применением современных экспериментальных методик, аналитического и измерительного оборудования, репрезентативным объемом экспериментальных данных и согласованностью полученных результатов с литературными источниками и расчетными данными, полученными с помощью апробированных расчетных программ PVTsim 20.0.

Теоретическая значимость работы заключается в углублении знаний о процессах гидратообразования в сложных гетерогенных системах «пористая среда – пластовые флюиды – полимерные растворы – природный газ» в условиях, характерных для подмерзлотных слоев осадочного чехла. Полученные данные о кинетике, термобарических условиях и селективности включения компонентов газа в гидраты вносят существенный вклад в теорию газогидратных процессов в пористых средах.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Разработаны рекомендации по выбору эффективного и безопасного с точки зрения гидратообразования агента для полимерного заводнения – раствора Na-КМЦ (5 г/л) – для месторождений юго-западной Якутии;
2. Дана оценка рисков снижения фильтрационно-емкостных свойств продуктивных коллекторов при использовании различных технологических жидкостей (ВМР ППД, растворы ПАА), что позволит избежать технологических осложнений при разработке нефти на рассматриваемых месторождениях;

3. Результаты работы могут быть использованы нефтепользователями (такими как «Иреляхнефть», «Сургутнефтегаз», «Газпром», «Роснефть» и др.) для оптимизации систем поддержания пластового давления и повышения КИН на нефтяных месторождениях Якутии и других арктических регионов.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и библиографического списка из 208 наименований. Работа изложена на 160 страницах текста, содержит 45 рисунков и 17 таблиц. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Во введении автор четко формулирует цель, задачи, объект, предмет, научную новизну и практическую значимость работы.

В литературном обзоре детально рассмотрены геолого-геокриологические условия месторождений юго-западной Якутии, методы увеличения нефтеотдачи пластов и современные представления о газовых гидратах. Литературный обзор не является формальным перечислением источников, а служит основой для выбора направлений проведения экспериментальных работ. Автор убедительно обосновал актуальность темы, выделив ключевые проблемы: низкие пластовые температуры и давления; высокая минерализация пластовых вод и риск образования гидратов при применении третичных методов воздействия на пласт.

Вторая глава посвящена описанию объектов и методов исследования. Автор четко обосновывает выбор объектов исследования (керновый материал и пластовые флюиды Иреляхского месторождения, полимерные растворы, широко применяемые в нефтедобыче в качестве агентов вытеснения), в том числе изготовленные модели пористой среды, адекватно воспроизводящие ФЕС реальных коллекторов. Используемые в работе методы химического анализа, реологических исследований, определения ФЕС, а также методов изучения гидратообразования свидетельствует о высоком уровне использованной экспериментальной базы и комплексном подходе к моделированию физико-химических процессов, происходящих в породе коллекторе при добыче нефти на месторождениях юго-западной Якутии.

В третьей главе экспериментально доказана несовместимость высокоминерализованного раствора ППД Иреляхского ГНМ и растворов полиакриламида (ПАА) с пластовой водой, что проявляется в выпадении осадков сульфата кальция и кальциевой соли акриламида и приводит к ухудшению ФЕС нефтеносных пластов. Тогда как растворы Na-КМЦ и ПЭГ демонстрируют хорошую совместимость с пластовой водой и проявляют стабильность реологических свойств.

Четвертая и пятая главы являются центральной и наиболее сильной частью работы. Автор убедительно показывает, что растворы ПАА выступают кинетическими промоторами гидратообразования, а растворы Na-КМЦ и ПЭГ – ингибиторами. Установлено, что во всех исследуемых системах образуется смесь гидратов структур КС-I и КС-II, причем гидраты КС-II являются переменного состава и обогащены тяжелыми углеводородами.

Разработана методика расчета компонентного состава газа в гидратах, полученных в пористой среде в статических и изохорических условиях. Раскрыто влияние раствора CaCl_2 и нефти на термодинамические и кинетические параметры образования гидратов структуры КС-II. Установлено, что нефть более сильный кинетический ингибитор гидратообразования по сравнению с раствором CaCl_2 .

Расчетно-теоретическая часть, посвященная оценке температурных полей в скважинах с учетом мощности ММП, показывают, что наибольший риск гидратообразования существует на устье добывающих, а не в призабойной зоне нагнетательных скважин.

К работе имеются следующие **вопросы и замечания**:

1. Не указано: на основании каких данных был выбран интервал влажности песка для экспериментов по гидратообразованию (глава 2, стр. 76). Насколько репрезентативна эта величина для реальной остаточной водонасыщенности в призабойной зоне и на какой стадии разработки?
2. В методике расчета кинетических параметров гидратообразования используется гидратное число равное $n=5.67$ (глава 2, стр. 78). При этом в расчетах компонентного состава гидрата с помощью программы PVTsim гидратное число варьируется в зависимости от состава газа гидратообразователя (глава 2, стр. 81). Насколько чувствительны результаты расчета степени превращения воды в гидрат к варьированию этого параметра, учитывая, что реальный гидрат является смесью гидратов структур КС-I и КС-II?
3. Расчет температур по формуле Намиота проводился для стационарного режима (глава 2, стр. 83). Как, по мнению автора, могут повлиять на результат пульсации расхода, характерные для реальной эксплуатации скважин?
4. В работе установлено, что ВМР и ПАА несовместимы с пластовой водой (глава 3, стр. 101), но не рассматривалась возможность их применения в виде оторочек с буферными зонами или с использованием ингибиторов солеотложения.

5. В главе 4 (стр. 134) указано, что нефть является сильным кинетическим ингибитором. Но не указано: как степень дисперсности и стабильности эмульсии влияет на полученные выводы. Были ли проведены эксперименты по образованию гидратов в системе «песок – нефтяная эмульсия – газ» с варьированием обводненности?
6. В заключении (пункт 4, стр. 142) рекомендуется раствор Na-КМЦ. Однако в работе, не указано были ли проведены исследования сопротивления сдвигу выбранного раствора при фильтрации в пористой среде в условиях низких температур и высокой минерализации.

Указанные в отзыве вопросы и замечания носят частный характер и не снижают научной значимости диссертации.

Диссертационная работа Портнягина Альберта Серафимовича представляет собой законченное научное исследование, в котором решена актуальная научная проблема, имеющая важное прикладное значение для нефтегазодобывающей отрасли Республики Саха (Якутия) и других регионов с аналогичными геокриологическими условиями. Автор демонстрирует глубокие знания в области инженерной геологии, мерзлотоведения и нефтегазовой тематики, а также владение современным экспериментальным и расчетным аппаратом. Основные результаты диссертации были представлены на всероссийских и международных конференциях, что свидетельствует о признании научного уровня работы профессиональным сообществом.

По теме диссертации опубликовано достаточно научных работ (11), из них 6 статей в журналах из перечня ВАК и 5 статей в журналах, индексируемых в международных базах данных. Публикации полностью отражают основные положения и выводы диссертации, соответствуют ее содержанию и тематике. Диссертация соответствует требованиям п. 6 «Тепломассоперенос в грунтах, закономерности образования и существования в них льда, газовых и газогидратных компонентов» паспорта специальности 1.6.7. – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» и всем требованиям п. 9-14 Положения ВАК РФ «О порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), а ее автор, Портнягин Альберт Серафимович, заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.7. – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение».

Я, Васильева Зоя Алексеевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент: профессор кафедры разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений, доктор технических наук (специальность 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки))

 Васильева Зоя Алексеевна

Отзыв составлен « 16 »__февраля_2026 г.

Контактная информация:

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

119991, г. Москва, Ленинский проспект, дом 65, корпус 1, тел. +7 (499) 507-88-88, e-mail: rgkm@gubkin.ru; vasilyeva.z@gubkin.ru

Подпись профессора, д.т.н., Васильевой З.А. заверяется



