

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу Фоминых Олега Валентиновича на тему «Научно-методическое обоснование учета фазовых равновесий при проектировании разработки и эксплуатации месторождений углеводородов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

### **1. Актуальность темы диссертации**

Диссертационная работа соискателя направлена на повышение качества и количества добываемой нефти, при этом рассматривает широкий круг вопросов, от основ фазовых равновесий углеводородов до подсчета запасов и контроля за разработкой месторождений. Подсчет запасов углеводородов – процедура, регламентированная целым рядом нормативно-технических документов, устанавливающих требования как к исходным данным, в том числе обоснованию их выбора, так и к представлению результатов работы. Например, Нормативными документами РД 39-0147035-225-88 и ОСТ 39-112-80 «Нефть. Типовое исследование пластовой нефти» определены технологические параметры подготовки нефти, при которых определяется величина газовый фактора для подсчета запасов: три ступени сепарации, при этом давление на первой ступени должно составлять 0,6-1,0 МПа, на второй ступени давление установлено в диапазоне 0,25-0,30 МПа, а на третьей ступени давление поддерживают на уровне в 0,105 МПа. Однако широко известно на практике и убедительно показано в диссертационной работе соискателя, что фактически получаемый при подготовке нефти газовый фактор может отличаться от значений, принятых на этапе подсчета запасов. В этой связи считаю, что широкая область использования знаний о фазовых переходах, и разработка научно-методических основ их применения в процессах проектирования разработки и эксплуатации месторождений является весьма актуальной задачей, способствующей рациональному освоению и эффективному планированию извлечения углеводородного сырья.

### **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Теоретическая часть диссертационной работы построена на детальном анализе результатов исследований отечественных и зарубежных исследователей, специализирующихся на изучении поведения смесей жидкостей и газов при различных

термобарических условиях: Д.Л. Катца, А.Ю. Намиота, М.Б. Стендинга, Т.Д. Островской, Д. Пенга, Д.Б. Робинсона, Г. Соаве, Г.С. Степановой, Г.Ф. Требина, А.И. Хазнаферова, Д.М. Шейх-Али, А.С. Эйгенсона, А.И. Брусиловского, В.И. Шилова и многих других специалистов в соответствующей области знаний.

Обоснованию пунктов научной новизны посвящены отдельные разделы диссертационной работы. Первый пункт научной новизны основан на результатах исследований, которые представлены в первом разделе диссертационной работы. Второй и последующие пункты также обоснованы результатами исследований, представленных в соответствующих разделах диссертационной работы.

Заключение по результатам диссертационного исследования, состоящее из пяти пунктов, сгруппировано в соответствующих разделах диссертационной работы, что позволяет рассматривать научную новизну, практическую и теоретическую ценность работы как по отдельности, так и в виде последовательного рассмотрения фазовых переходов углеводородов на всех этапах жизненного цикла месторождений.

### **3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность, актуальность и новизна результатов исследований соискателя в целом не вызывает сомнений, поскольку теоретические выводы получили экспериментальное, а, в некоторых случаях, и промышленное подтверждение. Практическая ценность работы подтверждена соответствующими актами о внедрении.

Научная новизна, представленная несколькими пунктами в диссертации не вызывает сомнений, и заключается в следующем.

1. Научно обосновано, что в диапазоне давлений, характерном для эксплуатации систем подготовки скважинной продукции месторождений углеводородов, для расчета констант фазового равновесия применимо совместное решение уравнений Рауля и Дальтона с использованием уравнения Антуана для определения давления насыщенных паров рассматриваемых компонентов.

2. Разработана методика расчета газосодержания, позволившая определить интервалы вариации извлекаемых запасов растворенного газа, меняющиеся при оптимизации давления, температуры и количества ступеней сепарации на стадии подготовки скважинной продукции к транспорту.

3. Разработана методика определения температуры точки росы подготавливаемого попутного нефтяного газа по энергосберегающей технологии в зависимости от его плотности при давлениях до 1 МПа, позволяющая рассчитывать режимы работы и

выполнять оценку применимости технологической схемы, обеспечивающего эффективное использование растворенного газа с использованием жидкостно-газовых эжекторов и трехпоточной вихревой трубы.

4. Разработана методика разделения объема добываемого попутного нефтяного газа на газ, находящийся в пластовых условиях в свободном состоянии и газ, растворенный в нефти.

5. Разработаны методика расчета объема углеводородного газа, растворенного в пластовой воде, и алгоритм определения количества добываемого попутного газа, растворенного в пластовых условиях в нефти.

#### **4. Значимость полученных результатов для науки и практики**

Теоретическая значимость диссертационной работы сформулирована рядом положений, которые расширяют имеющиеся знания в области учета влияния фазовых переходов углеводородов на процессе разработки и эксплуатации месторождений, сформулированных следующим образом:

1. Установлено и подтверждено экспериментальными данными, что для расчета давления насыщенных паров углеводородов использование уравнение Антуана в совместном решении уравнений Рауля и Дальтона позволяет выполнять расчет констант фазового равновесия при давлениях до 1 МПа.

2. Доказана и подтверждена экспериментальными данными возможность определения газосодержания нефти аналитическим методом с использованием алгоритма расчета сепарации и разработанного метода определения констант фазового равновесия.

3. Определены факторы, влияющие на параметры подготавливаемого в трехпоточных вихревых трубах попутного нефтяного газа, для предлагаемой технологической схемы подготовки газа разработан методика определения температуры точки росы подготавливаемого попутного нефтяного газа в зависимости от его давления и плотности.

4. На основе выполненной модернизации известных методов моделирования начального фазового состояния нефтяных залежей с газовой шапкой и выполненных лабораторных исследований разработана методика разделения количества добываемого попутного нефтяного газа на объемы свободного и растворенного газа.

5. Аналитически выявлены и экспериментально подтверждены доказательства влияния растворимости газа в пластовой воде на объем и свойства добываемой скважинной продукции, что позволило разработать методику разделения объема попутного нефтяного газа на газ, растворенный в пластовых условиях в воде и нефти.

Практическая значимость работы, подтвержденная соответствующими актами о внедрении сформулирована соискателем следующим образом:

1. Значительно повышена эффективность работы научно-технических центров при проектировании технологических параметров подготовки нефти и расчете потерь нефти от испарений за счет определения области эффективного применения разработанной методики определения констант фазового равновесия на основе совместного решения уравнений Рауля и Дальтона с использованием уравнения Антуана для расчета давления насыщенных паров.

2. Разработанная методика определения температуры точки росы подготавливаемого попутного нефтяного газа позволяет производить экспресс-оценку применимости разработанной технологии в зависимости от плотности газа, получаемого на ступенях сепарации, и выполнять расчеты технологических показателей работы оборудования.

3. Повышена достоверность учета движения запасов и эффективность выявления рисков образования техногенных газовых шапок за счет применения методики определения долей растворенного в нефти и свободного газа в общем объеме добываемого попутного нефтяного газа.

4. Разработаны методика расчета газосодержания нефти с использованием предложенного метода определения констант фазового равновесия, и методика оценки изменения газового фактора нефти в зависимости от принятой технологии ее подготовки и расчетный алгоритм определения количества растворенного в воде углеводородного газа, что позволяет значительно повысить качество принятия проектных решений по разработке месторождений. В частности, применение предложенных методик позволило уточнить технологические показатели разработки месторождений ПАО «Сургутнефтегаз» (Западная Сибирь, Республика Саха (Якутия)) и оценить влияние процесса перераспределения легких углеводородных компонентов между водой и нефтью на изменение запасов.

#### **5. Соответствие опубликованных трудов и автореферата содержанию диссертации**

По теме диссертационной работы опубликовано 26 печатных работ, отражающих основные результаты выполненных исследований, в том числе 23 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из них 3 статьи, входящих в международную базу цитирования Web of Science, три монографии. Следует отметить, что список научных публикаций автора, включающий более 60 публикаций, отражает научные интересы

соискателя в различных областях проблем нефтегазовой отрасли, однако, применительно к сформулированной теме диссертации автором выбраны те статьи и монографии, которые наиболее полно отражают основные результаты работы.

Содержание автореферата в полной мере раскрывает суть диссертационной работы.

## **6. Замечания**

Принципиальных замечаний по диссертационной работе соискателя нет. Однако, основные вопросы и комментарии из числа многочисленных имеющихся можно сформулировать следующим образом.

1. В работе автор достаточно много времени уделяет переоценке и списанию запасов растворенного и свободного газа, однако в работе не представлено полного комплекса соответствующих расчетов, установленных требованиями нормативных документов или предложений по совершенствованию нормативно-правой базы в этой области.

2. При оценке изменения извлекаемых запасов растворенного газа при различных термобарических условиях подготовки скважинной продукции автором не сделан соответствующий расчет изменения запасов нефти.

3. Разработанная во второй главе диссертации методика учета влияния величины давления, температуры и количества ступеней сепарации при подготовке скважинной продукции к транспорту на объем извлекаемых запасов растворенного газа применима для нефтяных залежей, где пластовое давление остается выше давления насыщения в течение всего периода разработки, что существенно ограничивает область ее применения.

4. В разделе 4.3 «Методика прогнозирования фазовой принадлежности попутного нефтяного газа» указано следующее. В результате обработки экспериментальных исследований установлено, что концентрация компонентов в газе, находящимся в определенном фазовом состоянии при рассматриваемых термобарических условиях, постоянна. Это позволяет сформулировать источники поступления попутного нефтяного газа в скважины (фазовую принадлежность в пластовых условиях):

- газ, растворенный в пластовых термобарических условиях в нефти и выделяющийся в процессе однократного разгазирования;
- свободный (прорывной) газ, который при пластовых условиях приурочен к нефтяной зоне залежи, находящийся в свободном состоянии при пластовых термобарических условиях;
- пластовый газ, приуроченный к чисто газовой зоне залежи, который в лабораторных условиях может быть получен путем рекомбинации проб газа сепарации и

сырого конденсата, отобранного в ходе исследований скважин на газоконденсатность в соотношении, измеренном на промысловом сепараторе.

Далее указывается, что исследования компонентного состава газа, отнесенного к первой группе, показывают следующее..... (приводится конкретный состав смеси).

Газ, отнесенный ко второй группе, характеризуется другим компонентным составом, что связано с его нахождением в пластовых условиях в нефти, которая максимально насыщена легкими углеводородами. Незначительное снижение пластового давления относительно начального приводит к началу процесса разгазирования нефти, при которых, в первую очередь, из нефти выделяются наиболее летучие компоненты (обладающие наибольшим давлением насыщенных паров). Далее приводится состав компонента, в связи с этим возникает вопрос: вторая группа – это свободный (прорывной) газ, который при пластовых условиях приурочен к нефтяной зоне залежи, находящийся в свободном состоянии при пластовых термобарических условиях. В данном контексте непонятно звучит фраза «его нахождением в пластовых условиях в нефти, которая максимально насыщена легкими углеводородами»

5. В главе 4.5 «Разработка методических основ учета растворимости газа в пластовой воде на разработку месторождений углеводородов» уделяется внимание вопросу переходом газовых компонентов в воду из нефти, а не из чисто газовой среды. При этом, в предлагаемых решениях следует учитывать взаимодействие нефти со смесью закачиваемой подтоварной водой и пластовой водой и, кроме того, не в свободном объеме, а в пористой среде, что отвечает более сложной поверхности раздела вода-нефть, и, соответственно, более сложному характеру взаимодействия фаз.

Указанные замечания не снижают научной ценности работы соискателя.

### **Заключение**

Диссертационная работа Фоминых Олега Валентиновича на тему «Научно-методическое обоснование учета фазовых равновесий при проектировании разработки и эксплуатации месторождений углеводородов» посвящена актуальной проблеме нефтегазовой отрасли, имеет научную новизну, теоретическую и практическую ценность.

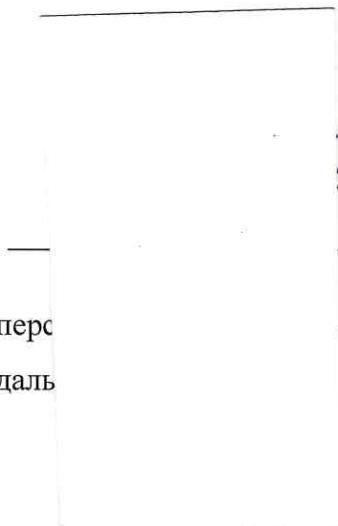
Представленные результаты исследований считаю достоверными, поскольку они подтверждены результатами лабораторных экспериментов и промысловыми данными. Результаты работы соискателя рекомендуется к широкому практическому применению при проектировании разработки и эксплуатации месторождений углеводородов.

Диссертационная работа Фоминых Олега Валентиновича является законченным научным исследованием, соответствующим критериям пп. 9-11, 13-14 Положения о

присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к докторским диссертациям, в котором на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие нефтегазовой отрасли, а ее авторов заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

### Официальный оппонент

Генеральный директор Федерального бюджетного учреждения «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых», доктор технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений



**Шпуров И.В.**

Согласен на включение моих перс  
работой диссертационного совета и их даль

документы, связанные с

Контактные данные:

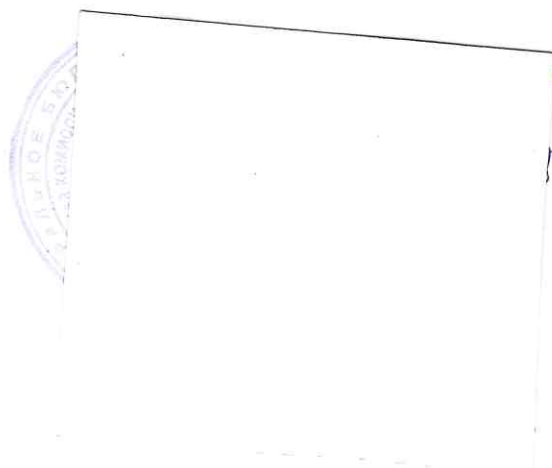
Почтовый адрес организации – места работы:

119180, г. Москва, ул. Большая Полянка, 54, стр. 1

Телефон: 8 (495) 780-30-54

E-mail: gkz@gkz-rf.ru

Подпись Шпурова Игоря Викторовича заверяю:



ФБУ «ГКЗ»

Игорь Ш.О.