

ОТЗЫВ

*официального оппонента на диссертацию
ФОМИНЫХ Олега Валентиновича на тему:*

*«НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УЧЕТА ФАЗОВЫХ
РАВНОВЕСИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАЗРАБОТКИ И
ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ», представлен-
ную на соискание ученой степени доктора технических наук по специаль-
ности 25.00.17 — Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторож-
дений*

Актуальность темы

Повышение требований к утилизации попутно добываемого газа на месторождениях России поставило целый ряд задач по методам и технологиям утилизации газа, а также более точному подсчету запасов попутного газа, газа, добываемого из газовых шапок, проектированию динамики добычи газа и оптимизации системы сбора и подготовки продукции. При решении этих задач выявилось то, что газовый фактор доля газа в продукции могут быть разными, извлекаемые запасы попутного газа зависят от системы подготовки продукции. Все эти проблемы завязаны на фазовое поведение углеводородных систем при пластовых термобарических условиях, но и давлениях и температурах в системе обустройства месторождения. Поэтому детализация фазового поведения углеводородной системы в пласте и системе сбора и подготовки продукции, которой посвящено диссертационное исследование, является актуальной проблемой, требующей неотложного решения.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертант при построении методик расчета фазовых равновесий углеводородных систем использовал классические законы термодинамики, результаты расчетов сравнивались с экспериментальными данными. Сопоставление данных тщательно анализировались, а расхождения обосновывались. Большинство методик построено на упрощенных подходах, но доказан или обоснован диапазон применимости выведенных формул и рекомендованных методик расчета. Применение автором современных методов термодинамического анализа, экспериментальных методов исследования фазового равнове-

сия систем, анализа промысловых данных, опора на физические законы, определяющие фазовое поведение углеводородных систем обосновывают достоверность полученных в работе выводов.

Полученные Фоминых О.В. результаты исследования обсуждались и получили одобрение на различных научных семинарах, всероссийских и международных конференциях, качественно и полно представлены в научно-технической печати, рекомендованной ВАК РФ для публикации материалов диссертационных исследований.

Научная новизна работы

Как было указано ранее, детализация фазового поведения углеводородных систем в пластовых условиях и в оборудовании обустройства месторождения для подготовки продукции к транспорту является важной целью совершенствования системы разработки и эксплуатации нефтяного месторождения. Если для пластовых условий наработан достаточный материал для расчета фазового поведения, то в системах сбора и подготовки расчеты и планирование ведутся по простейшим формулам и элементарным методикам. Автор сделал упор в исследовании именно на расчете термодинамических процессов в системах подготовки продукции. Использование сложных уравнений состояния углеводородных смесей для пластовых флюидов в процессах сепарации продукции не всегда целесообразно. Давления в этих системах ограничено, как правило, 10 МПа, а температуры практически определяются климатическими условиями. Автор использовал в указанном диапазоне термодинамических условий классические законы взаимодействия многокомпонентных систем, позволяющие, тем не менее, рассчитать константы равновесия компонентов в жидкой и газообразной фазах. Здесь для полной картины точности расчетов было бы целесообразно сопоставить результаты, полученные с использованием уравнений состояния углеводородных систем, расчеты по методикам, применяемым на промыслах в настоящее время и разработанным автором в настоящем исследовании.

Разработанная методика позволила автору решить две актуальные задачи: уточненного расчета газосодержания пластовой нефти по результатам ее разгазирования и предложить метод оптимизации условий сепарации продукции для максимального отбора нефти. Первая задача тестировалась на экспериментальных данных и был установлен диапазон точности предлагаемых расчетов (около 6%). Вторая задача заключается в подборе термобарических условий сепарации нефти для максимальной концентрации промежуточных компонентов в нефти и, тем самым, увеличении доли нефти в разделяемой продукции. Максимальное воздействие на «отгон» промежуточных компонентов в нефть оказывает, конечно же, 2 ступень сепарации. Отметим, что задача оптимизации в математическом понимании (алгоритм итерационного изменения параметров, приводящий к максимальному или наоборот минимальному значению критерия, выбранного для оптимизации) автором не решалась. То, что автор называет оптимизацией, сводится к конечному перебору параметров и выбору значений с максимальным отгоном компонентов в нефть.

Следующим важным результатом, полученным в ходе исследований, является способ ступенчатого компримирования попутного газа системой эжекторов и трехпоточной вихревой трубой. Термодинамический расчет всей системы основан на определении температуры точки росы подготавливаемого по разработанной технологии попутного газа. Расчеты показывают, что предлагаемая технология позволяет подготовить попутный газ до требований, предъявляемых к газу системой транспорта.

У оппонента вызвала большой интерес четвертая глава, в которой приведена методика определения доли газа, поступающего в скважину из газовой шапки, и выделяющегося растворенного газа из нефти. Методика строится на расчете состава газа из шапки и попутного нефтяного газа. Далее выполняется анализ состава газа, поступающего из скважины, и покомпонентный расчет доли газа из шапки, приводящий к концентрации компонента в газовой продукции. Показано, что такой покомпонентный анализ в пределах

20% точности позволяет установить долю каждого газа в продукции. Слабыми моментами в методике остаются задачи: определения компонентного состава попутного газа и устойчивости процедуры оптимизации состава по всем компонентам. Так как устойчивость процедуры в методике не доказывается, то необходим анализ примеров применения на большем числе месторождений.

В последней главе автор рассматривает задачу о перераспределении газа в пласте в процессе заводнения. Расчеты показывают, что часть растворенного в нефти газа, в основном метан и азот, могут переходить в водную фазу. На поздних стадиях разработки, когда продукция значительно обводнена, динамика добычи попутного газа определяется не только газом, выделяющимся из нефти, но и газом, растворенным в воде. Эти процессы меняют состав и объем добываемого газа на последних стадиях разработки. Предлагаемая методика расчета фазового равновесия в системе нефть-газ-вода может помочь в уточнении прогнозирования динамики добычи газа.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Результаты исследований, представленные в диссертационной работе, позволяют повысить научную обоснованность учета влияния особенностей реализуемой на промысле технологии подготовки нефти на величину извлекаемых запасов растворенного газа, обосновании параметров рабочих процессов энергосберегающей технологии для эффективного использования попутного нефтяного газа, определения источников поступления попутного нефтяного газа при эксплуатации месторождений с газовой шапкой, оценки влияния растворимости газа в воде на динамику добычи попутного газа.

Методики, разработанные в диссертационной работе, внедрены и использованы в проектной работе нескольких российских компаний.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности и замечания

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, основных выводов и рекомендаций, списка использованных источников из 141 наименований. Работа изложена на 155 страницах машинописного текста, содержит 62 рисун-

ка, 22 таблицы и пять приложений. В целом материал представлен доступно и профессионально грамотно, основные результаты хорошо иллюстрированы. Диссертация является завершенной работой, по содержанию и оформлению соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат правильно отражает основные результаты, представленные в диссертации.

По работе имеются следующие **замечания**:

1. Предлагаемая методика расчетов констант равновесия протестирована на чисто углеводородных системах. Однако известно, что максимальная погрешность методик сказывается в присутствии не углеводородных компонентов в системе.
2. Фактически задача оптимизации ступеней сепарации продукции строится на том, чтобы на выходе получить практически чистый метан, а промежуточные компоненты «загнать» в нефть. Таким образом, мы максимизируем количество добываемой нефти. Но, с другой стороны, промежуточные компоненты являются самыми дорогими, так как составляют основу нефтехимии. И для нужд нефтехимии их отгоняют именно из газовой составляющей продукции.
3. Для многокомпонентных систем более точным является определение линии росы, в работе было бы правильнее дать определение, что автор подразумевает под точкой росы.
4. Автор довольно вольно обращается с термином оптимизация. Задачи оптимизации являются некорректными и чаще неустойчивыми. В результате могут приводить и к неверным решениям.

Публикации, отражающие основное содержание работы

Основное содержание диссертации представлено в 26 печатных работах, включающих три монографии, 23 научных статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ по заявленной специальности, и Свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ. Из них 10 работ опубликованы в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных

ВАК РФ, 3 работы опубликованы в журналах, индексируемых в международной реферативной базе Scopus.

Заключение

Диссертация ФОМИНЫХ Олега Валентиновича является завершённой научно-квалификационной работой и посвящена решению важной научно-технической проблемы – повышение качества и достоверности оценки объёмов добываемых углеводородов посредством учёта особенностей протекания фазовых переходов, т.е. соответствует паспорту специальности 25.00.17 — Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Полученные результаты являются важным вкладом в развитие теории и практики расчетов фазового равновесия углеводородных смесей, подсчета запасов и динамики добычи попутного газа. Таким образом, можно сделать вывод, что представленная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

*Официальный оппонент,
Доктор физико-математических наук
(специальность 01.02.05 -Механика
жидкости, газа и плазмы,
старший эксперт ООО «1*



*Константин Михайлович Федоров
«27» октября 2020 г.*

*Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с
работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.*

*ООО «Тюменский нефтяной научный центр»
Тел.: 8 (345) 252-90-90, 625048, г. Тюмень, ул. Максима Горького, 42*

Подпись Федорова Константина Михайловича

Я подтверждаю и заверяю:

Мессебег.

«27» октября 2020 г.