

## **АННОТАЦИЯ**

**диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07210 – «Нефтегазовое дело»**

**Ахметов Думан Аманбекович**

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ НЕФТИ ТЕПЛОВЫМИ МЕТОДАМИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ**

**Оценка современного состояния решаемой научной или научно-технологической проблемы.**

Проблеме повышения эффективности разработки месторождений высоковязких нефтей посвящены труды многих исследователей, внесших большой вклад в развитие научных основ данного направления, выполнивших интересные теоретические и экспериментальные исследования. Усилиями этих ученых получены интересные с научной и полезные с практической точек зрения результаты. Следует отметить труды М.Т. Абасова, Д.Г. Антониади, Н.К. Байбакова, Г.И. Баренблатта, А.А. Боксермана, А.Р. Гарушева, А.Т. Горбунова, С.А. Жданова, Ю.В. Желтова, Ю.П. Желтова, С.Т. Закенова, С.Н. Закирова, А.Х. Мирзаджанзаде, М.Л. Сургучева, Т.В. Хисметова и др. Несмотря на многочисленные исследования в этом направлении, все же некоторые вопросы требуют проведения ряда исследований, связанных с более глубоким изучением трудноизвлекаемых запасов, условий их залегания а также принятием решений по повышению эффективности разработки этой категории месторождений.

В целом, анализ современного состояния изученности проблем, связанных с трудноизвлекаемыми запасами, позволил установить следующее. Недостаточно проработан вопрос создания основы системы, позволяющей проводить комплексную классификацию трудноизвлекаемых запасов, распознавание месторождений с позиций данной классификации, принимать адекватные решения по выбору метода воздействия на пласт в рассматриваемых конкретных условиях.

**Основание и исходные данные для разработки темы.**

Для принятия наиболее правильных и обоснованных технологических решений необходимы: анализ геолого-физических условий и особенностей рассматриваемого месторождения и факторов, оказывающих влияние на выбор эффективной технологии добычи высоковязких нефтей; анализ текущего состояния разработки месторождения и эффективности использования фондов скважин на рассматриваемом месторождении; анализ динамики добычи нефти

и результатов нагнетания пара по месторождению на примере рассматриваемого месторождения.

Известно, что пластовые условия и насыщающие их флюиды представляют собой сложную систему, в которой присутствует неопределенность, как случайного, так и нечеткого характера, в связи с чем выбор того или иного метода представляет процедуру принятия решений в нечеткой среде. Кроме того, выбор оптимального (минимального) количества пара, обеспечивающего максимальную добычу нефти, также является задачей принятия решений при нечетких цели и ограничении. В этой связи, получение, анализ информации и принятие решений в отмеченных условиях представляют интерес, что и обосновывает постановку задач исследований.

Основанием для разработки темы диссертации является отсутствие универсальной классификации трудноизвлекаемых запасов и методического подхода к принятию решений с учетом неопределенности. В качестве исходных данных для раскрытия темы исследований выбраны геолого-физические условия и результаты разработки месторождения Каражанбас, на котором приобретен богатый опыт внедрения тепловых методов.

#### **Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы.**

Одним из основных условий обеспечения высокой эффективности технологий, применяемых в различных нефтегазодобывающих регионах и вложения инвестиций в их развитие является классификация трудноизвлекаемых запасов углеводородов и оценка степени сложности их выработки. Выполненные к настоящему времени работы позволяют обосновать необходимость проведения исследований по совершенствованию классификации месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти и газа с учетом комплекса признаков, оказывающих влияние на технико-технологическую и экономическую эффективность разработки месторождений.

Анализ мирового опыта применения различных технологий и методов увеличения нефтеотдачи на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами, в частности, закачки пара, является обоснованием проведения исследований по поиску и идентификации способов повышения эффективности технологии паротеплового воздействия в мощных трещиноватых пластах, что сильно затруднено наличием с учетом неопределенностей, имеющих место при принятии решений.

#### **Степень достоверности результатов исследований и выводов диссертационной работы.**

Достоверность научных положений и выводов диссертационной работы обосновывается применением современных математических методов обработки данных и анализа информации, согласованностью результатов теоретических и экспериментальных исследований с оценкой с помощью соответствующих критериев. Решены задачи классификации трудноизвлекаемых запасов, оценки сравнительной эффективности методов воздействия на пласт, достоверность которых обосновывается применением современных методов, учитывающих неопределенности, снижающие качество информации.

### **Актуальность темы.**

Как известно, доля высоковязких нефтей составляет более половины разведанных мировых запасов. Существуют различные по технологическим и экономическим характеристикам способы разработки залежей трудноизвлекаемых нефтей. Возможность применения какой-либо технологии при разработке месторождений связана с геологическим строением и условиями залегания пластов. Принятие технологических решений проходит в условиях неопределенности, а это со своей стороны требует применения методов анализа информации с учетом данного обстоятельства, наряду с этим подробного изучения условий и способов разработки, в частности, как показывает технологический опыт извлечения высоковязких, тяжелых нефтей, возможности применения термического метода добычи. Однако кроме этих методов необходимо рассматривать также и альтернативные комбинированные технологии. Следует отметить, что сложность разработки месторождений Казахстана (Каражанбас, Кенкияк, Каламкас) состоит в том, что традиционными методами разрабатывать залежь трудно. Поэтому применение новых технологий разработки месторождений, из которых традиционными методами извлечь значительные запасы нефти было невозможно, для месторождений Казахстана является актуальным.

**Цель работы.** Повышение эффективности разработки месторождений трудноизвлекаемой нефти с использованием термических методов воздействия на пласт.

**Объект исследования.** Объектом исследования является продуктивный пласт, содержащий высоковязкую, тяжелую нефть.

**Предмет исследования.** Предметом исследования являются процессы вытеснения высоковязкой нефти путем нагнетания теплоносителей.

#### **Основные задачи исследования:**

- анализ особенностей и классификация трудноизвлекаемых запасов по комплексу признаков;
- анализ геолого-физических условий и особенностей рассматриваемого месторождения, а также факторов, оказывающих влияние на выбор эффективной технологии добычи высоковязких нефтей;
- анализ текущего состояния разработки месторождения и эффективности использования фондов скважин на рассматриваемом месторождении;
- анализ динамики добычи нефти и результатов нагнетания пара по месторождению на примере месторождения Каражанбас;
- принятие оптимальных решений при использовании термических методов воздействия на пласт.

Сформулированные задачи и полученные при их решении результаты, взаимно дополняя друг друга, служат единой цели. Каждый последующий при этом раздел является продолжением предыдущего, что подтверждает внутреннее единство работы, которая представляет собой завершенное научное исследование.

**Методы решения задач.** Поставленные задачи решались с применением

методов математической статистики при обработке данных и анализе информации. При решении задачи классификации трудноизвлекаемых запасов применялись метод и соответствующая программа нечеткого кластер-анализа. При принятии решений по выбору наилучшего варианта воздействия на пласт применялся метод, основанный на положениях теории нечетких множеств.

#### **Научная новизна:**

- научно обоснованы основные положения создания и практического использования методики классификации месторождений различных типов (нефтяных, нефтегазовых и газовых) по комплексу признаков, позволяющей оценить степень сложности выработки запасов;
- предложен метод классификации объектов трудноизвлекаемой нефти Казахстана по комплексу признаков, определяющих степень трудности их добычи, основывающаяся на методе нечеткого кластер-анализа;
- предложен параметр, характеризующий степень сложности извлечения запасов и построена зависимость коэффициента нефтеотдачи от данной характеристики;
- дана количественная оценка сравнительной технологической эффективности использования фондов скважин;
- научно обоснована и предложена методика определения оптимального объема закачиваемого теплоносителя, обеспечивающего максимальную добычу нефти в геолого-физических условиях месторождений с трудноизвлекаемыми запасами.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

На защиту диссертации выносятся следующие положения:

- комплексная классификация нефтей по вязкости, плотности и условиям залегания с применением нечеткого кластер-анализа;
- статистический анализ текущего состояния разработки месторождения и эффективности использования фондов скважин на рассматриваемом месторождении;
- методика определения оптимального объема закачиваемого теплоносителя, обеспечивающего максимальную добычу нефти в геолого-физических условиях месторождений с трудноизвлекаемыми запасами.

**Апробация результатов работы.** Результаты диссертационной работы и ее основные положения докладывались и обсуждались на: Международной научно-технической конференции «13th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing (ICAFS) », Warsaw, Poland, August 27–28, 2018; Международной школе-семинаре «International School-Seminar of Young Scientists and Students, Oil & Geocology», Baku, 3-8 December 2018; Международной научно-практической конференции «Развитие науки и техники в освоении недр Казахстана», посвященной 90-летию академика Ш.Есенова; Международной научно-практической конференции «Методы увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти». Актау, Казахстан. 27 апреля 2018г.; Международной научно-

практической конференции «Современные методы разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами и нетрадиционными коллекторами». Атырау, Казахстан. 5-6 сентября. 2019; Международной научно-технической конференции «10th International Conference on theory and application of soft computing, computing with words and perceptions - ICSCCW 2019». Prague, Czech Republic. August 27-28, 2019.

**Публикации и апробация работы.** По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе в ведущих рецензируемых журналах, рекомендуемых ККСОН РК и в зарубежных научных изданиях, входящих в базу данных Scopus, WoS, РИНЦ и др.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, включающего 102 наименования и 1 приложения. Работа содержит 102 страниц текста, 6 таблиц и 16 рисунков.

#### **Краткое содержание диссертации.**

**Во введении** обоснована актуальность рассматриваемой проблемы, сформулированы цель, основные задачи исследований, объект и предмет исследований, основные защищаемые положения, показана научная новизна, а также изложена практическая ценность диссертационной работы.

**В первом разделе** рассматривается современное состояние изученности проблемы добычи трудноизвлекаемых нефтей. Приведён обзор, в котором проанализированы исследования, выполненные на протяжении последних лет различными отечественными и зарубежными исследователями.

**Второй раздел** посвящен анализу особенностей и классификации трудноизвлекаемых запасов по комплексу признаков. В результате выполненного анализа различных подходов к данной проблеме дано обоснование выбору классификационных признаков. Показано, что - это признаки, характеризующие свойства нефти, а также условия залегания. Для решения данной задачи применен алгоритм нечеткого кластер-анализа. Кластер-анализ производился по трем признакам-вязкости и плотности нефти, а также проницаемости пласта. В результате реализации программы нечеткого кластер-анализа получено четыре класса, каждый из которых характеризует степень трудности извлечения нефти.

**В третьем разделе** приводятся результаты анализа промысловой информации о разработке месторождения на примере месторождения Каражанбас и оценки степени использования фондов скважин с применением показателя, характеризующего степень стабильности использования-коэффициента Джини.

**Четвертый раздел** посвящен повышению эффективности разработки месторождений трудноизвлекаемой нефти с использованием термических методов воздействия на пласт. Обосновано и установлено с помощью положений теории нечетких множеств необходимое количество закачиваемого пара, обеспечивающее максимальную добычу нефти.

#### **Оценка технико-экономической эффективности.**

Экономический эффект от внедрения результатов исследования

обусловлен ростом добычи нефти и снижением объема нагнетаемого пара.  
В конце работы приведены основные выводы и рекомендации.