

АННОТАЦИЯ

диссертации, представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по ОП 8D07202 – «Нефтяная инженерия»

Түзелбаева Шолпан Рысқұлбекқызы

Научно-методические аспекты системы получения, анализа информации и принятия решений при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами

Введение. В настоящее время в связи с переходом различных стран к рыночной экономике происходят существенные перемены также и в сфере управления деятельностью нефтегазовых предприятий. При этом главной отличительной особенностью при разработке месторождений является наличие проблем, связанных с трудноизвлекаемыми запасами и различного типа неопределенностями, имеющими место при принятии решений. В связи с этим одними из приоритетных задач принятия решений на нефтедобывающих предприятиях являются задачи классификации трудноизвлекаемых запасов и оценки степени трудности извлечения этих запасов, обоснования выбора методов повышения нефтеотдачи для рассматриваемых условий, принятия решений при выборе геолого-технических мероприятий. При этом факторам неопределенности и риска принятия ошибочных решений в литературных источниках уделяется недостаточно внимания. Поэтому проблема принятия обоснованных решений в задачах управления процессом разработки месторождений особенно актуально стоит перед отечественной нефтегазовой наукой и промышленностью. Исторические данные свидетельствуют о высоких уровнях добычи, а также текущих коэффициентах извлечения нефти (КИН). Несмотря на это, в недрах всё ещё остаётся более половины геологических запасов нефти. На поиск методов их извлечения и направлены основные научные изыскания исследователей в области разработки нефтяных месторождений, связанные с различными геологическими условиями. Отмеченное подтверждается также анализом литературных источников.

Актуальность работы. В настоящее время наблюдается постепенное снижение уровня добычи, что связано с наличием во многих регионах месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. Данный процесс обуславливает плавное смещение акцентов в сторону участков с низкими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС), высокими значениями обводненности. Для эффективного ввода в разработку трудноизвлекаемых запасов в сложившейся ситуации необходимо совместить существующие математические методы, необходимую информацию и современные технологические решения. В связи с этим, проблема совершенствования системы получения, анализа информации и принятия решений при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами является актуальной и по сей день стоит на повестке дня.

Актуальность темы диссертации непосредственно связана также и с ее большой практической значимостью. Недостаточно полная разработанность

практических аспектов управления разработкой месторождений в условиях неопределенности обосновывают целесообразность проведения исследований в рамках настоящей диссертационной работы и ее направленность. Этим и объясняется выбор темы данной диссертационной работы.

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы по теме. В первую очередь необходимость проведения настоящей работы в рамках темы диссертации обосновывается вниманием исследователей к данной проблеме. Следует отметить, что проблеме принятия решений и повышения эффективности разработки месторождений трудноизвлекаемых запасов посвящены труды многих исследователей, внесших большой вклад в развитие научных основ данного направления. Усилиями этих ученых получены интересные с научной и полезные с практической точек зрения результаты. Несмотря на многочисленные исследования в этом направлении, все же некоторые вопросы требуют проведения ряда исследований, связанных с более глубоким изучением влияния геологических условий, а также технико-технологических факторов на показатели эффективности геолого-технических мероприятий, а также принятием решений по повышению их эффективности.

Цель диссертационной работы. Совершенствование моделей и алгоритмов в рамках системы принятия решений для повышения эффективности геолого-технических мероприятий на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами.

Научная новизна диссертации заключается в усовершенствовании основ и методологии моделирования показателей эффективности геолого-технических мероприятий и принятия решений в условиях неопределенности; разработке и реализации комплекса математического обеспечения моделей и методов принятия решений с применением вероятностно-статистических методов и нечеткой логики; в рамках отмеченного:

- в результате статистической обработки данных и анализа информации обоснованы и установлены наиболее значимые факторы при оценке результатов ГТМ и предложена расчетная схема, позволившая строить математические модели показателей их эффективности;
- предложены научно-обоснованный критерий эффективности мероприятий- «комплексный показатель эффективности геолого-технического мероприятия», и методика оценки влияния основных факторов на его значения, основанная на моделях в виде нечетких правил.

Объект исследования. Объектом исследования является система получения и анализа информации при геолого-технических мероприятиях на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами.

Предмет исследования. Предметом исследования являются моделирование и принятие решений при выборе геолого-технических мероприятий на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами.

Задачи исследований:

- анализ мирового опыта разработки систем анализа информации и принятия решений для повышения эффективности разработки

месторождений;

- разработка методики оценки влияния основных факторов на показатели эффективности ГТМ в условиях недостаточной информации на основе нечетких моделей;
- анализ факторов, оказывающих влияние на эффективность геолого-технических мероприятий, применяемых на месторождениях Казахстана с трудноизвлекаемыми запасами;
- построение моделей прогнозирования показателей эффективности геолого-технических мероприятий в различных условиях и принятие решений;
- анализ опыта применения выбранных типов геолого-технических мероприятий и оценка сравнительной эффективности применяемых мероприятий.

Основные положения, выносимые на защиту:

- методология моделирования показателей эффективности геолого-технических мероприятий и принятия решений в условиях неопределенности;
- математическое обеспечение моделей и методов принятия решений при выборе геолого-технических мероприятий с применением вероятностно-статистических методов и аппарата теории нечетких множеств;
- критерий эффективности мероприятий- «комплексный показатель эффективности геолого-технического мероприятия», и методика оценки влияния основных факторов на его значения, основанная на моделях в виде нечетких правил.

Теоретическая и практическая значимость работы. Использование разработанных математических моделей позволяет подобрать для конкретных условий тип геолого-технических мероприятий, который обеспечит для данных геологических условий максимальный технологический и экономический эффект. В работе получены новые с научной и полезные с практической точки зрения результаты. Так, совместное применение методов математической статистики и нечеткой логики позволило построить модели, выражающие зависимости показателей эффективности геолого-технических мероприятий и предложить метод принятия решений, основанный на нечеткой кластеризации показателей эффективности. Таким образом, совершенствование методологии исследований с применением современных методов обработки данных и анализа информации позволило успешно решить актуальные задачи, связанные с извлечением трудноизвлекаемых запасов и принятия решений по повышению эффективности геолого-технических мероприятий в различных геологических условиях, что повышает как теоретическую, так и практическую значимость диссертационной работы.

Результаты исследования могут быть использованы проектными организациями и нефтегазовыми компаниями в целях совершенствования методов оценки эффективности геолого-технических мероприятий, обосновании необходимости инвестиционной поддержки проектов интенсификации добычи и увеличения нефтеотдачи пластов.

Апробация результатов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы прошли апробацию на нескольких международных научных конференциях: Алматы 2021, Алматы 2022, Тюмень 2022, Алматы 2024.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в высокорейтинговых научных журналах и изданиях. В их числе: 3 статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus, 6 статей в журналах КОКСНВО, 4 в материалах международных конференций, 2 статьи в других журналах и 1 патент.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников из 121 наименований. Работа изложена на 153 страницах, включает 13 рисунка и 19 таблицы.

Исследовательская работа по диссертации проводилась в рамках проектов Жас Галым ИРН АР22682919 «Научно-технические основы мониторинга применения полимерного заводнения для повышения нефтеотдачи на месторождениях Республики Казахстан» и проекта целевого финансирования BR21881822 «Разработка технических решений для оптимизации геолого-технических операций при бурении скважин и добыче нефти на завершающей стадии эксплуатации месторождений».

В первой главе приводится анализ современного состояния проблемы моделирования, анализа информации и принятия решений при выборе геолого-технических мероприятий.

Анализ мирового опыта применения различных технологий и методов увеличения нефтеотдачи на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами, показал необходимость исследований по поиску и идентификации способов повышения эффективности геолого-технических мероприятий за счет моделирования и оценки их сравнительной эффективности в различных геологических условиях и принятия решений с учетом различного типа неопределенностей.

Поэтому некоторые исследования посвящены оценке эффективности существующих технологий, разработке методов и технических решений повышения эффективности того или иного воздействия, моделированию и оценке влияния различных факторов на показатели эффективности геолого-технических мероприятий.

В целом, анализ современного состояния изученности проблем, связанных с трудноизвлекаемыми запасами позволил установить необходимость широких исследований, позволяющих обосновать эффективность внедрения той или иной технологии в соответствии с накопленным промышленным опытом на данном и/или аналогичном месторождении. Поэтому наиболее важным для различных месторождений, в частности, и Казахстана, является разработка наиболее эффективных методов, а также различных модификаций существующих технологий.

Результаты анализа, приведенного в первой главе, позволили обосновать и сформулировать цель, основные методологические принципы и задачи исследования в рамках настоящей диссертационной работы.

Вторая глава посвящена анализу методов оценки технологической эффективности проводимых геолого-технических мероприятий.

Приводятся основные принципы построения моделей и разработки методов оценки технологической эффективности ГТМ, исходными данными в рассматриваемом случае являются данные о применении различных ГТМ в различных геолого-физических условиях. Предлагается расчетная схема, которая позволяет проводить статистическую обработку данных, анализ полученной информации и тем самым подготовить информационный массив для принятия решений в случае статистической неопределенности.

Исследование второй главы позволили построить статистические модели на примере некоторых ГТМ. При этом вначале производилась оценка степени важности каждого признака. Для оценки достоверности определялась степень идентичности. После установления наиболее важных признаков оказавшиеся незначимыми признаки отбрасывались. После чего снова производилась идентификация моделей с оценкой их степеней идентичности, с тем, чтобы убедиться в том, что после отбрасывания незначимых признаков модели сохранили свою достоверность. В отмеченных моделях в качестве признаков служат: общая толщина пласта, нефтенасыщенная толщина, вскрытая нефтенасыщенная толщина, коэффициент песчаности, пористость, проницаемость, вязкость нефти, плотность нефти, газосодержание, начальная нефтенасыщенность, пластовая температура, содержание в нефти парафина, содержание в нефти серы, дебит нефти до геолого-технического мероприятия, дебит жидкости до геолого-технического мероприятия, обводненность до геолого-технического мероприятия. В качестве показателей геолого-технического мероприятия служат: продолжительность эффекта, дополнительная добыча нефти, прирост дебита нефти, дебит нефти после геолого-технического мероприятия, обводненность после геолого-технического мероприятия.

В третьей главе рассматривается возможность моделирования геолого-технических мероприятий на основе нечеткого кластер – анализа. Следует отметить, в случае информации, недостаточной для проведения статистического анализа и построения статистических моделей в последнее время во многих областях стали применять модели основанные на нечетком кластер-анализе. Эти модели позволяют строить зависимости на качественном уровне, где факторы и выходная переменная выраженные не числами, а качественными выражениями.

Как отмечается в литературе, существует более ста разных алгоритмов кластеризации. В последние годы эти методы широко применяются в задачах интеллектуального анализа информации, сбора и обработки данных (Data mining). Метод этот основывается на теории Л.Заде, которая получила широкое распространение, благодаря чему удалось решить ряд задач, решение которых ранее было невозможным. В связи с отмеченным для решения поставленной задачи нами собраны и обработаны дополнительные данные, включающие характеристики геолого-физических условий и технологические данные, отмеченные выше. Эти данные подверглись кластер-анализу, основанному на нечеткой логике, т.е. с помощью алгоритма нечеткого

кластер-анализа весь массив данных был разделен на однородные группы-кластеры.

В данной задаче в качестве признаков и показателей эффективности служат те же, что и в статистических моделях.

Как видно, задача в данном случае многокритериальная, причем необходимо признаки подобрать таким образом, чтобы выбранная совокупность обеспечила максимальные значения показателей эффективности ГТМ.

Обобщая отмеченные выше результаты статистической обработки, анализа и построения статистических моделей, отметим, что для решения данной задачи обработки данных, получения и анализа информации необходимо:

- из выбранных пяти показателей эффективности получаем один, обобщенный:

$$K = \sum_{i=1}^5 \alpha_i y_i$$

, где α_i -коэффициенты, характеризующие весовой вклад каждого критерия в обобщенный

$$\alpha_i = \frac{\sum_{k=1}^n y_{ik}}{\sum_{i=1}^5 (\sum_{k=1}^n y_{ik})}$$

- путем реализации алгоритма нечеткого кластер-анализа получаем три однородные группы-кластеры;

- каждой группе значений каждого признака в пределах одного кластера присваиваются «лингвистические» значения, т.е. значения, выраженные словами (низкий, средний, высокий);

- каждый кластер ставится в соответствие с обобщенным показателем эффективности K ;

- строятся нечеткие правила по принципу «если..., то...».

Четвертая глава посвящена оценке эффективности геолого-технических мероприятий для различных объектов на основе статистического анализа комплексной информации.

С целью моделирования и оценки наилучшего ГТМ для рассматриваемых условий, как уже отмечалось, был применен метод нечеткого прогнозирования и моделирования. Для этого, была проведена классификация условий по относительной эффективности ГТМ.

Классификация проводилась методом нечеткого кластер – анализа, в последнее время успешно применяемого при решении задач классификации геологических объектов.

Путем реализации программы нечеткого кластер – анализа, массив данных был разбит на 4 класса. Классы эти характеризуются функциями принадлежности, наибольшее значение которых показывает принадлежность объекта данному классу.

В работе приведен массив, включающий значения признаков и

показателей эффективности ГТМ, а также функции принадлежности объекта к различным классам.

Каждый из классов (кластеров) характеризуется своей эффективностью, которую можно выразить с помощью слов.

Для оценки эффективности ГТМ, применяемых в различных пластах, по данным об эффективности, кластеры можно охарактеризовать следующим образом: высокая эффективность, хорошая эффективность, средняя эффективность, удовлетворительная эффективность.

В работе показано взаимное соответствие пластов и ГТМ, применение которых показало высокую эффективность.

Эти результаты позволяют ориентировочно отдать предпочтение тому или иному виду ГТМ, в случае рассматриваемого пласта в условиях недостаточной информации.

Основные выводы и рекомендации

1. Как следует из обзора публикаций, накопленных к настоящему времени, недостаточно проработан вопрос создания основы системы, позволяющей проводить моделирование, с учетом неопределенности, в частности, многокритериальности, многофакторности, а также принимать адекватные решения по выбору метода воздействия на пласт в рассматриваемых конкретных условиях.

2. Дано обоснование основных принципов и предложена методология системы обработки данных и анализа информации при принятии решений в задачах выбора геолого-технических мероприятий на основе вероятностного подхода к определению значений весовых коэффициентов, оценке их значимости, построении моделей и оценке их достоверности.

3. Предложен методический подход, позволяющий оценить влияние основных факторов на комплексный показатель эффективности геолого-технического мероприятия, основанный на моделях в виде нечетких правил.

4. Разработана методика, позволяющая определить оптимальные значения факторов, влияющих на показатели эффективности геолого-технических мероприятий. Предложена усовершенствованная расчетная схема, основанная на использовании информации об условиях проведения геолого-технических мероприятий с применением аппарата математической статистики и нечеткой логики, многокритериальной оценке их эффективности.

5. Путем вариантных расчетов и анализа сравнительной эффективности ГТМ в различных условиях показаны пути и получены результаты принятия решений по выбору наилучшего ГТМ.

6. Предложенные подходы, связанный с применением методов, учитывающих неопределенность при моделировании результатов, позволяют осуществлять построение соответствующих причинно-следственных связей и принимать обоснованные решения при планировании ГТМ.

7. Предложены усовершенствованные статистические модели, позволяющие принимать решения по повышению эффективности геолого-технических мероприятий.

8. Результаты исследования могут быть использованы проектными

организациями и нефтегазовыми компаниями в целях совершенствования методов оценки эффективности геолого-технических мероприятий, обосновании необходимости инвестиционной поддержки проектов интенсификации добычи и увеличения нефтеотдачи пластов.