

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Кулешовой Любови Сергеевны

«Научно-методические основы создания искусственного интеллекта в решении задач повышения эффективности управления разработкой месторождений крупных нефтегазоносных провинций в условиях неопределенности»,
представленной на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук
по специальности 2.8.3. – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр

Рецензируемая работа выполнена на кафедре «Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений» федерального образовательного учреждения государственного высшего образования государственный нефтяной технический университет» и состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 335 наименований. Объем работы составляет 494 страницы.

Автореферат состоит из 43 страниц.

1. Актуальность темы диссертации

В связи с ростом количества залежей, вводимых в разработку мелких и средних по запасам, низкой их продуктивностью наряду с широким разнообразием по геологическому строению, высокой себестоимостью добычи нефти и низкой рентабельностью их разработки при крайне низкой степени выработки запасов, а также слабой степени их изученности, растет роль и значимость анализа и обобщения опыта разработки таких залежей по объектам, находящимся в разработке. Целью этих исследований является формирование научно-методической основы комплексного геолого-промыслового обоснования принятия тех или иных управляющих решений, направленных на повышение эффективности разработки таких объектов

Особенностью современного этапа достижения этой цели является наличие неопределенностей, обусловленных слабой изученностью низкопродуктивных объектов, а также необходимость использования искусственного интеллекта при решении различных задач разработки.

Именно эти ключевые моменты обуславливают актуальность представленной диссертации, где объектами исследования являлись залежи Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, а также отдельные объекты Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Кроме обозначенных низкопродуктивных объектов в работе также использовались высокопродуктивные объекты «зрелых» месторождений, в которых сосредоточены значительные остаточные запасы нефти при высокой степени обводненности продукции скважин, которые также смещают центр тяжести запасов в сторону трудноизвлекаемых.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Результаты, полученные автором, основаны на анализе и обобщении фактического геолого-промыслового материала, с использованием которого построены геолого-статистические модели.

Проведено сравнение полученных результатов моделирования процессов нефтеизвлечения с текущими промысловыми данными и результатами промысловых экспериментов. Исследования, проведенные в работе, базируются на общепринятые положения физики нефтяного пласта, общей, региональной и нефтегазопромысловой геологии, промысловой геофизики, техники и технологии добычи нефти, бурении, подземной гидродинамики, экономики, разработки нефтяных месторождений, математической статистики и теории вероятности.

Результаты, полученные автором, характеризуются внутренним единством, качественным и количественным совпадением по различным методикам. Проведена широкая их апробация на многочисленных международных и всероссийских конференциях.

3. Достоверность и научная новизна результатов диссертации

Достоверность результатов, полученных автором, подтверждается сопоставлением расчетных данных с фактическими показателями работы скважин и залежей, а также использованием фактического геолого-промыслового материала при построении моделей с использованием методов математической статистики с расчетом тесноты связи между геолого-технологическими параметрами.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Для обоснования и использования метода аналогий в условиях Волго-Уральской нефтегазоносной провинции разработаны алгоритмы идентификации залежей по тектонико-стратиграфическому принципу, на основе глубокой дифференциации, для стадий ввода в разработку и полного разбуривания, для условий крайней неопределенности по параметрам, определяющим эффективность процесса извлечения нефти. Установлены:

- необходимость раздельного группирования объектов по крупным стратиграфическим элементам и типу коллектора;
- основные группообразующие тектонико-стратиграфические элементы;
- значимые параметры при идентификации в условиях различных тектонико-стратиграфических зон;
- уникальные особенности выделенных групп объектов для расширения возможностей использования метода аналогий;
- границы поиска залежей-аналогов в карбонатных коллекторах в различных стратиграфических комплексах.

Доказана необходимость проведения процедуры идентификации во времени для определения степени перемещения объектов в процессе разработки между группами.

2. Создан комплекс методических разработок и алгоритмов, позволяющих на основе предложенных моделей прогнозировать время очистки призабойной зоны, оценивать истинные значения продуктивности скважин и залежей и их удельных значений с использованием данных геолого-геофизических исследований в условиях различного рода неопределенностей, связанных с отсутствием достаточного по объему и качеству гидродинамических исследований, текущей геолого-промысловой информации. Модели, построенные раздельно для условий групп объектов, приуроченных к различным тектонико-стратиграфическим элементам и на основе глубокой идентификации, предполагают использование различных объемов информации в зависимости от ее наличия и стадий разработки месторождений. Установлено, что динамика изменения относительной продуктивности в скважине определяется принадлежностью к группе объектов, степенью трещиноватости, геолого-физическими свойствами пластов. Создан комплекс методик

определения времени восстановления продуктивности, прогноза дебитов, оценки эффективности различных технологий вскрытия и воздействия на призабойную зону в период очистки и после стабилизации дебита.

3. Для условий разработки месторождений доказана необходимость проведения глубокой идентификации залежей для снижения погрешностей оценки выработки запасов на участках с различной продуктивностью и плотностью сетки скважин. Созданы модели для оценки конечного коэффициента извлечения нефти по выделенным группам объектов, предполагающие использование текущей геолого-промысловой информации в условиях дефицита данных гидродинамических исследований скважин. Созданы геолого-статистические модели для оценки конечного коэффициента извлечения нефти на стадии ввода месторождений в разработку, предусматривающие использование набора геологических параметров, определение которых достаточно надежно производится на стадии составления проектных документов, а также использование различных значений плотности сетки добывающих скважин. Показано, что в условиях различных групп объектов на величину выработки запасов нефти оказывает влияние свой специфический набор геологических параметров, при этом вклад их в конечный результат различен, различны характер и степень влияния плотности сетки скважин, что является отражением влияния неучтенных факторов и нивелируется процедурой идентификации, последующей дифференциацией объектов и использованием соответствующих моделей. На основе геолого-статистического моделирования построены модели и разработан алгоритм, позволяющие проводить оценку и прогнозирование значений конечных коэффициентов извлечения нефти залежей групп объектов, выделенных как с использованием тектонико-стратиграфического фактора, так и в результате глубокой идентификации внутри крупных тектонических и стратиграфических элементов.

4. При разработке залежей с применением внутриконтурного заводнения дифференцированно по группам объектов созданы геолого-статистические модели и на их основе разработаны алгоритмы и методики снижения уровня неопределенности при оценке успешности заводнения, прогноза значений взаимнокорреляционных функций и максимального оптимального дебита скважин, выбора и совершенствования систем заводнения через обоснование перевода скважин под нагнетание и расстояний между ними по данным геофизических исследований, оценки конечного коэффициента извлечения нефти при использовании различных плотностей сеток скважин и систем заводнения по данным гидродинамических исследований, а также геофизических, с использованием различных объемов информации в зависимости от стадии разработки месторождений дифференцированно по группам объектов.

Для оценки взаимодействия добывающих и нагнетательных скважин предложено использовать полученные эмпирическим путем параметры успешности заводнения, критические и минимальные значения которых позволяют определять критические и максимальные расстояния между скважинами. Показано существенное снижение зон неопределенности при проведении глубокой идентификации залежей в плане прогноза успешности реализации внутриконтурного заводнения. Доказана необходимость дифференциации плотности сетки добывающих и систем размещения нагнетательных скважин по площади объектов разработки в зависимости от количественного влияния особенностей геологического строения залежей на вид кривой в координатах «конечный коэффициент извлечения нефти» – «параметр интенсивности воздействия».

4. Значимость результатов для науки и практики

Теоретическая значимость заключается в создании методологических аспектов, позволивших решить поставленные задачи исследования:

1. Выделение особенностей проведения процедуры идентификации объектов разработки на различных иерархических уровнях с созданием широкого комплекса алгоритмов и методик на основе использования различных объемов данных для эффективного решения задач анализа, проектирования, мониторинга и управления, в том числе с применением метода аналогий, в условиях неопределенности.

2. Провести моделирование продуктивности скважин и залежей по геолого-геофизическим данным в условиях неопределенностей, вызванных отсутствием достоверных и достаточных данных гидродинамических исследований для реализации стратегии эффективной разработки залежей с использованием искусственного интеллекта.

3. Изучение особенностей процесса нефтеизвлечения дифференцировано по различным группам месторождений с созданием научно-методических основ использования цифровых технологий в решении задач повышения эффективности выработки запасов в условиях разработки залежей на естественных режимах.

4. Разработка методологической базы комплексного геолого-технологического обоснования решений для достижения целей повышения эффективности управления заводнением продуктивных пластов в условиях неоднородной информации о залежах.

Практическая значимость работы заключается в использовании результатов работы:

- для принятия управляющих решений при регулировании процесса разработки низкопродуктивных залежей с трудноизвлекаемыми запасами с целью повышения эффективности их разработки в условиях неопределенности на предприятиях нефтегазовой отрасли;

- в получении возможности создания и использования искусственного интеллекта в решении задач разработки нефтяных месторождений;

- в учебном процессе при подготовке обучающихся высших и учебных заведений по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры;

- в научно-исследовательских организациях при составлении проектов, мониторинга процессов, происходящих в пласте и их регулировании.

Экономический эффект от внедрения результатов диссертации составил более 400 млн руб.

5. Соответствие опубликованных трудов и автореферата содержанию диссертации

По теме диссертации опубликовано 86 научных трудов (15 без соавторов), в том числе 26 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ (19 – в изданиях K1, K2), 44 статьи в изданиях, входящих в реферативную базу Web of Science, Scopus (21 – в изданиях Q1, Q2), 5 монографий, 3 учебных пособия. В зарубежных изданиях опубликовано 37 статей. Зарегистрировано 5 программ для ЭВМ. Автореферат полностью отражает основные положения диссертации.

6. По содержанию диссертации имеются следующие замечания.

1. Теоретическая значимость исследований заключается в «... научном обосновании созданного комплекса алгоритмов и методик, основанных на их адресном использовании после проведения процедуры идентификации в зависимости от особенностей геологического строения объектов, их тектонико-стратиграфической приуроченности, ... для снижения рисков принятия ошибочных решений ...». Все же объектом исследования

являются залежи нефти Западно-Сибирской и Волго-Уральской нефтегазоносных провинций, а не природные резервуары. Наверное, надо искать общность и идентифицировать в зависимости от приуроченности месторождений к нефтегазоносным комплексам или этажам нефтегазоносности, а не тектоно-стратиграфической приуроченности, поскольку в одной стратиграфической системе могут быть совершенно отличные (как по нефтегазоносности, так и по литологическому составу) нефтегазоносные комплексы. Для этого они и были выделены.

2. Успешность заводнения, представленная в работе, отражает вероятность взаимодействия добывающих и нагнетательных скважин. Однако при этом не отражаются изменение уровня добычи нефти и обводненности добываемой продукции. Не учитывается степень выработки запасов. Учет этих факторов позволит перейти к количественно-качественной оценке эффекта от совершенствования систем заводнения. Такая оценка будет весьма востребована на производстве.

3. В работе приведены важные результаты, показывающие влияние плотности сетки скважин на конечные коэффициенты извлечения нефти при разработке залежей как с применением искусственного заводнения, так и на естественных режимах. Однако известно влияние удельных балансовых запасов на степень выработки запасов. Неплохо было бы сравнить результаты исследования влияния плотности сетки скважин через изучение влияния удельных балансовых запасов с полученными результатами.

4. Интересно узнать, как будут группироваться залежи турнейского яруса, приуроченные к кизеловскому, черепетскому, малевскому, упинскому и заволжскому горизонтам.

5. Объем диссертационной работы по «Положению...» не оговаривается, но считается вполне достаточным, если кандидатская диссертация содержит примерно 120..150 страниц (рекомендуемый объем – 100..130 стр.), а докторская 300..350 страниц. По требованиям ВАК объем докторской диссертации также не регламентирован, к тому же многое зависит от области, в которой докторант проводит исследование. Но стандартным считается размер работы в **200-300 страниц**. (Подробнее: <https://zaochnik.ru/blog/obem-doktorskoj-dissertatsii/>). На фоне этих рекомендаций объем в 492 страницы выглядит увеличенным. Все же автору надо излагать свои мысли более лаконично. Фраза Антона Павловича Чехова "Краткость - сестра таланта" до сих пор актуальна.

Указанные замечания, некоторые из них носят спорный характер и отражают точку зрения оппонента, не снижают качества исследований и не влияют на научную и практическую значимость результатов диссертационной работы, посвященной созданию научно-методической базы для реализации комплексного геолого-промыслового обоснования решений, направленных на повышение эффективности разработки залежей крупных нефтегазоносных провинций с использованием искусственного интеллекта в условиях неопределенностей.

Диссертационная работа Кулешовой Л. С. является законченным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. В содержании диссертационной работы отражен весь комплекс поставленных задач. Результаты, полученные автором, достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на фактическом материале, иллюстрируется примерами и расчетами, написана грамотно и аккуратно оформлена. По каждой главе в работе сделаны выводы, в конце – заключение.

Диссертационная работа оформлена в полном соответствии с требованиями ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Диссертация Кулешовой Л. С. «Научно-методические основы создания искусственного интеллекта в решении задач повышения эффективности управления разработкой месторождений крупных нефтегазоносных провинций в условиях неопределенности», отвечает критериям, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (п. 9-14) «О порядке присуждения ученых степеней») является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технологические решения, направленные на создание научно-методической базы для реализации комплексного геолого-промыслового обоснования решений по повышению эффективности разработки залежей, крупных нефтегазоносных провинций с использованием искусственного интеллекта в условиях неопределенности, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Автор диссертационной работы, Кулешова Любовь Сергеевна, заслуживает присуждения искомой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 2.8.3. – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой «Геологии нефти и газа имени акад. А.А.Трофимука»
Института геологии и нефтегазовых технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
доктор геолого-минералогических наук, профессор по специальности 25.00.12. – Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений

 Успенский Борис Вадимович
«2» июля 2025 г.

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



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
Почтовый адрес: 420008, РФ, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18, тел. +7(919) 621-61-51,
E-mail: borvadus@rambler.ru

