

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»,**

представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук
по специальности 2.8.3. - Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология,
геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр

1. Актуальность темы диссертации

Особенностью современного этапа развития нефтяной отрасли России является ввод в активную разработку мелких и средних по запасам залежей, а также доработка крупных месторождений с высокой обводненностью добываемой продукции.

Разработка этих объектов ведется на грани экономической рентабельности, а остаточные запасы нефти относятся к категории трудноизвлекаемых. При этом количество эксплуатационных объектов существенно растет, вводимые в разработку залежи характеризуются сложными геологическими условиями разработки, степень выработки запасов их недостаточно высока. Наряду с этим довольно часто приходится сталкиваться при решении различных задач с неопределенностями, снятие которых требует проведения значительного количества лабораторных, гидродинамических и геофизических исследований, что требует значительного количества проводимых исследований, которые существенно влияют на уровень рентабельности. Кроме того, на результаты проводимых исследований существенное влияние оказывают «шумы», ликвидация которых в отдельных случаях не представляется возможной.

В этих условиях особо важное значение имеет принятие обоснованных, с минимальными рисками, управляющих решений направленных на снижение себестоимости добычи и увеличение степени выработки запасов нефти. Решение этой проблемы невозможно без наличия научно-методической базы, создание которой требует глубокого обобщения опыта разработки объектов, находящихся длительное время в разработке с созданием системы адресного использования полученных результатов. При этом необходимо создать алгоритмы принятия решений с обязательным использованием искусственного интеллекта, который позволит выбирать оптимальные решения в условиях

значительного количества разнородных объектов в условиях неопределенностей различного вида.

Достижение этой цели представляет безусловную актуальность представленной диссертации.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность, убедительность и актуальность представленных в диссертации научных положений, выводов и рекомендаций подкреплены результатами, полученными посредством применения проверенных методов математической статистики, геолого-промышленного, геолого-статистического и критериального анализов. Эти данные дополнительно подтверждаются результатами кросс-проверок, соответствием между модельной и эмпирической информацией, а также данными, полученными в ходе испытаний, выполненных на скважинах в реальных условиях.

3. Достоверность и научная новизна результатов диссертации

В результате проведенного автором комплексного исследования, основанного на обобщении опыта разработки множества месторождений Волго-Уральской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинций, были рассмотрены различные горно-геологические и технологические условия эксплуатации. Для формирования достоверных выводов и рекомендаций использовались современные методы геолого-статистического моделирования, геолого-промышленного анализа, системного критериального подхода, а также процедуры геолого-технологического скрининга. Научная новизна представленной работы заключается в следующем:

- Установлены особенности проведения процедуры идентификации объектов разработки Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в условиях неопределенности.
- Созданы алгоритмы: подбора объектов-аналогов на качественном уровне для залежей на ранней стадии разработки на основе использования типа коллектора, принадлежности к стратиграфической системе, ярусу, горизонту, тектоническому элементу; идентификации и группирования, адаптированные к условиям залежей нефти, основанные на использовании параметров, оказывающих превалирующее влияние на процессы выработки запасов нефти и эффективность разработки; идентификации залежей нефти с различным типом коллекторов для поиска залежей-аналогов в коллекторах, приуроченных к различным стратиграфическим системам; идентификации залежей для стадии полного разбуривания месторождений, основанной на последовательном использовании получаемой информации об объекте; глубокой идентификации объектов,

предполагающей использование достаточной по объему количественно-качественной информации для эффективного использования метода аналогий при решении производственных задач.

- Установлены: области определения объектов-аналогов в карбонатных коллекторах, приуроченных к различным стратиграфическим системам; необходимость предварительной дифференциации объектов в зависимости от принадлежности к той или иной системе; минимальный набор параметров, характеризующих различные геологические системы для проведения процедуры идентификации.
- Определены: состав групп объектов, входящих в различные тектонико-стратиграфические элементы, а также вероятность их появления в группе с выделением группообразующих тектонико-стратиграфических элементов; набор единых параметров, обеспечивающих семидесятипроцентную идентифицируемость залежей.
- Показано, что: при группировании процент верно сгруппированных объектов существенно выше при комплексном использовании факторов тектоники и стратиграфии по залежам с различными типами коллекторов; использование фактора тектонической приуроченности при группировании объектов необходимо проводить отдельно по залежам с различным типом коллекторов для снижения зон неопределенности.
- Реализована процедура моделирования продуктивности скважин и залежей с использованием косвенной информации в условиях неопределенностей, вызванных отсутствием достоверных и достаточных данных гидродинамических исследований для реализации концепции эффективной разработки залежей с использованием искусственного интеллекта.
- Создана методика, позволяющая в условиях неопределенностей, связанных с ограниченным проведением гидродинамических исследований с использованием косвенной информации, дифференцированно по различным группам объектов: определять время восстановления реальных свойств призабойной зоны посредством проведения исследований методом установившихся отборов в период очистки ПЗП; оценивать дебиты скважин в период от освоения и до выхода на максимальный оптимальный дебит; сравнивать эффективность добычи нефти с использованием забоев различной конструкции.
- Установлены периоды стабилизации значений коэффициентов продуктивности скважин после очистки призабойной зоны пласта дифференцированно по группам выделенных объектов.
- Построены модели для прогнозирования коэффициентов продуктивности и коэффициентов удельной продуктивности скважин и залежей групп объектов, выделенных как с использованием тектонико-стратиграфического фактора, так и в результате глубокой

идентификации внутри крупных тектонических и стратиграфических элементов. Модели для оценки продуктивности построены на основе использования как полного комплекса имеющейся информации о залежах групп объектов, в том числе и с использованием показателей геологической неоднородности, так и с использованием ограниченного объема, что позволяет осуществлять процедуру прогнозирования в стадии ввода месторождений в эксплуатацию, а также в условиях отсутствия или непредставительного объема информации о залежах.

- Установлено, что погрешности моделей, построенных по тектонико-стратиграфическим элементам, во всех случаях выше погрешностей моделей, построенных по выделенным группам объектов в результате проведения глубокой идентификации внутри этих элементов, что необходимо учитывать при проведении оценок и прогнозировании реальных значений продуктивности как скважин, так и залежей в целом.

- Создан комплекс алгоритмов, позволяющих проводить прогноз и оценку конечного коэффициента извлечения нефти и выбор плотности сетки скважин в условиях неопределенности на основе полученных геолого-статистических моделей, построенных с использованием многовариантности и включающих в себя параметры, определяемые:

- по данным гидродинамических исследований скважин;
- по результатам геофизических и лабораторных исследований;
- после полного разбуривания месторождений с учетом геологической неоднородности.

- Установлены наборы параметров геологической неоднородности, в наибольшей мере оказывающие влияние на нефтеотдачу.

- Решен комплекс задач по созданию научно-методической базы геолого-технологического обоснования повышения эффективности управления заводнением в условиях неоднородной информации о залежах. При этом предложены параметры, характеризующие успешность заводнения, определены критические и минимальные их значения для фактической оценки взаимодействия нагнетательных и добывающих скважин, критические и максимальные расстояния между ними, а также алгоритмы снижения зон неопределенности при оценке успешности заводнения и прогноза максимальных значений взаимнокорреляционных функций по геолого-геофизическим данным.

- Построены геолого-статистические модели, которые легли в основу методики прогноза максимального оптимального дебита скважин при разработке залежей на естественном режиме, а также скважин, окружающих нагнетательные, для обоснования

выбора и совершенствования систем заводнения, ввода в эксплуатацию простаивающих скважин и скважин с других горизонтов.

- Установлены области применения полученных результатов с минимальными рисками и показано существенное снижение зон неопределенности при проведении глубокой идентификации залежей в плане прогноза успешности реализации внутриконтурного заводнения.
- Предложен комплекс алгоритмов для установления скважин-кандидатов добывающего фонда для перевода их в нагнетательный на разбуренных объектах, а также выбора систем заводнения на залежах, вводимых в разработку по объектам групп, выделенным с учетом тектонико-стратиграфического фактора и в результате проведения процедуры глубокой идентификации на основе полученных формул и граничных значений параметров успешности.
- Для эффективного решения задач разработки предложено использовать параметр интенсивности воздействия, который в комплексе включает в себя не только плотность сетки скважин, но и отношение количества скважин добывающего и нагнетательного фондов. Созданы модели для прогноза конечного коэффициента извлечения нефти при использовании различных плотностей сеток скважин и систем заводнения на основе проведения гидродинамических исследований по скважинам после очистки призабойной зоны от продуктов бурения.
- Показано, что в условиях каждой выделенной группы объектов на степень 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 и соотношения количества добывающих скважин к нагнетательным, что является отражением влияния неучтенных факторов и нивелируется процедурой идентификации.

4. Значимость результатов для науки и практики

Теоретическая значимость данной диссертации определяется созданием научно-методологических основ для системного геолого-технологического обоснования управленческих решений, нацеленных на совершенствование разработки нефтяных месторождений в условиях неопределенности с использованием искусственного интеллекта.

Практическая ценность представленных в диссертации результатов заключается в следующем:

- разработанные научно-методические подходы способствуют повышению степени достоверности, надежности и эффективности мониторинга и управления разработкой месторождений, где применяются методы воздействия на призабойную зону, внутриконтурное заводнение и технологии увеличения нефтеотдачи пластов.

- внедрение предложенного комплекса алгоритмов и сопровождающих методических рекомендаций позволяет минимизировать риски принятия неэффективных решений при наличии неопределенности геолого-промысловых данных.

- экономический эффект от практического применения предлагаемых методик и рекомендаций по оптимизации систем заводнения, выбору методов увеличения нефтеотдачи и технологий интенсификации добычи нефти на объектах российских нефтяных компаний превысил сумму в 400 миллионов рублей.

- на основе выполненных исследований подготовлены учебные пособия и монографии, которые внедрены в учебный процесс Уфимского государственного нефтяного технического университета (УГНТУ) и активно используются для подготовки бакалавров, инженеров, магистрантов и аспирантов.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты исследования, представленного в диссертации, могут быть рекомендованы для широкого применения в промышленной практике нефтедобывающих компаний, занимающихся разработкой месторождений в Волго-Уральской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинциях. Они особенно актуальны при обосновании геолого-технологических мероприятий, направленных на оптимизацию систем заводнения, внедрение методов повышения нефтеотдачи, снижение обводнённости продукции и увеличение добычи нефти на объектах с трудноизвлекаемыми запасами. Разработанные автором методические подходы могут быть успешно использованы в научно-исследовательских и проектных работах профильных институтов, а также интегрированы в образовательный процесс нефтяных вузов для подготовки инженерных кадров, магистрантов и аспирантов.

6. Соответствие опубликованных трудов и автореферата содержанию диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы в 86 научных работах. Среди них 26 статей размещены в ведущих рецензируемых научных журналах, 44 статьи вошли в издания, включенные в реферативную базу Web of Science и Scopus. Также результаты

работы представлены в 5 монографиях, 3 учебных пособиях и 37 статьях в зарубежных изданиях. Зарегистрировано 5 программ для ЭВМ.

Опубликованные труды и автореферат полностью отражают содержание диссертации

7. По содержанию диссертации имеются следующие замечания:

1. В исследовании подчеркивается, что в аспекте теоретической значимости разработаны методологические подходы к анализу и обобщению опыта освоения месторождений. Кроме того, научно обоснованы разнообразные методики и алгоритмы. Однако следовало бы отметить, что в ходе работы были определены зависимости, выявлены закономерности, а также разработаны модели, направленные на решение различных задач.

2. При выполнении группировочного анализа отсутствуют функции вариации и среднеквадратичного отклонения по различным параметрам. Включение этих характеристик дало бы возможность провести более детальное различение групп и получить более глубокие аналитические результаты.

3. С моей точки зрения, описание научной новизны по всем пунктам длинное.

Замечания, сделанные по диссертации, не умаляют её достоинств и могут рассматриваться как предложения для дальнейших исследований.

8. Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям

В целом диссертация Кулешовой Любови Сергеевны «Научно-методические основы создания искусственного интеллекта в решении задач повышения эффективности управления разработкой месторождений крупных нефтегазоносных провинций в условиях неопределенности», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований представлены новые научно-обоснованные технологические решения, направленные на использование научно-методического комплекса геолого-промыслового обоснования мероприятий по повышению эффективности разработки залежей основных нефтегазоносных провинций России в условиях неопределенностей с использованием искусственного интеллекта, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

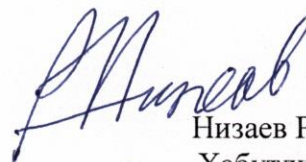
Диссертация соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, а её автор, Кулешова Л.С., заслуживает присуждения ей искомой степени доктора геолого-

минералогических наук по специальности 2.8.3. – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр.

Официальный оппонент:

Ведущий научный сотрудник отдела разработки
нефтяных месторождений «ТатНИПИнефть»
ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина,
доктор технических наук (специальность 25.00.17.
– Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений), доцент

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



Низаев Рамиль
Хабутдинович

« 7 » 07 2025 г.

«ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть»
им. В.Д. Шашина,

Почтовый адрес: 423450, Россия, Республика
Татарстан, г. Альметьевск, ул. Ленина, 75
E-mail: tatnipi@tatneft.ru

Подпись Низаева Рамиля Хабутдиновича заверяю:

« 7 » 07 2025 г.

МП

Подпись Низаева Р.Х. заверено.
Специалист по организации оплаты труда в категории
отдела управления персоналом. Абдуллин А.П.

