

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»



В.В. Лукьянов

«16» апреля 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть» (г. Красноярск) на диссертационную работу Бахитова Рината Радиковича «Прогноз основных параметров эксплуатации скважин нефтяного пласта методами статистического моделирования и машинного обучения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность исследования по теме «Прогноз основных параметров эксплуатации скважин нефтяного пласта методами статистического моделирования и машинного обучения» в сфере нефтегазовой промышленности высока и оправдана не только с точки зрения технического прогресса, но и с точки зрения экономической выгоды. Основываясь на современных тенденциях развития отрасли, где экономика данных играет ключевую роль, применение статистического моделирования и машинного обучения для прогнозирования параметров эксплуатации скважин обретает стратегическое значение.

В первую очередь, данное исследование актуально из-за стремительного внедрения цифровых технологий в добывающую промышленность. Нефтегазовые компании всё чаще ориентируют свою

стратегию на использование данных и получаемой на их основе аналитики для оптимизации процессов и роста производительности. Прогнозирование основных параметров эксплуатации скважин с помощью статистического моделирования и машинного обучения позволяет компаниям улучшить эффективность производства, оптимизировать расходы и снизить риски.

Подходы статистического моделирования и машинного обучения способствуют более точному анализу данных по эксплуатации скважин, выявлению взаимосвязей между различными параметрами и прогнозированию будущих тенденций. Это особенно важно в контексте сложной геологической структуры месторождений, где традиционные методы прогнозирования могут оказаться недостаточно точными. Использование алгоритмов машинного обучения позволяет создавать модели, способные учесть множество факторов влияния, что позволяет повысить качество прогнозов и сделать эксплуатацию скважин более предсказуемой. В современном мире, где конкуренция в нефтегазовой отрасли становится всё более острой, компании, обладающие точными и оперативными методами прогнозирования, выходят в лидеры.

Таким образом, исследование по прогнозированию основных параметров эксплуатации скважин нефтяного пласта с применением статистического моделирования и машинного обучения имеет большое значение для развития нефтегазовой отрасли, предоставляя компаниям инструменты для повышения эффективности добычи, снижения операционных рисков и укрепления конкурентных позиций.

Структура и содержание диссертации

Структура и содержание текста представленной работы очень подробно описывают методику прогнозирования добычи нефти с учетом взаимного влияния скважин на месторождении. Работа состоит из четырех глав, каждая из которых имеет свою уникальную цель и содержание.

Во введении обосновывается актуальность исследования проблемы моделирования пласта и формулируются цели, задачи и методы

исследования. Также описываются возможности прогнозирования продуктивности месторождения с учетом взаимного влияния скважин. Рассматриваются научная новизна, практическая значимость полученных результатов.

Первая глава посвящена комплексному исследованию проблемы моделирования пласта. Описываются основные модели и инструменты разработки методики прогноза продуктивности с учетом взаимного влияния скважин. Приводится анализ литературных источников, выделяются крупные направления исследований и формируется матрица применимости методов для формирования методики прогноза связанности пластовых систем.

Во второй главе описывается методика комплексного предварительного анализа входной информации по промысловым характеристикам работы скважин. Производится графический анализ данных, корректировка данных и оценка взаимовлияния скважин по временным рядам. Включены шаги анализа типов процессов, проверки условий коинтеграции временных рядов, анализа условия причинности и формирования кустов с учетом влияния скважин друг на друга. Также проведен анализ вариограмм и диаграмм рассеяния пространственных индексов геологических параметров скважин.

Третья глава посвящена построению различных спецификаций моделей для прогнозирования с учетом запаздывающего влияния добычи на соседних окружающих скважинах. Описывается модель байесовской векторной авторегрессии (BVAR), принципы ее построения и тестирования на ретроспективных данных. Также рассматривается нейросетевая модель DeepAR и проводится сравнение результатов различных моделей прогнозирования. В главе также проведено исследование пространственного взаимовлияния дебита жидкости скважин с учётом экзогенного влияния внутрипластового и забойного давлений и построена панельная модель пространственного лага, позволяющая выделить индивидуальные панельные эффекты добычи по каждой скважине месторождения в отдельности.

Четвертая глава описывает численные эксперименты по подбору лучшей модели прогнозирования дебита скважины с учетом влияния «соседних» скважин. Проводится анализ ошибки прогноза и выбор наилучшей модели. Также описывается методика оценки рентабельности добывающей скважины, учитывая взаимное влияние скважин.

В целом работа предлагает методику прогнозирования добычи нефти с учетом взаимного влияния скважин, используя статистическое моделирование и машинное обучение. Методика имеет ограничения, но показывает хорошие прогнозные свойства, что делает ее полезной для практического применения в индустрии добычи нефти.

Диссертационное исследование выполнено на высоком научно-техническом уровне. Диссертация в полной мере соответствует уровню современных научных публикаций, содержит достаточное количество исходных данных, подробных расчетов с убедительными выводами.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что автором получена комплексная методика прогнозирования основных параметров эксплуатации скважин нефтяного пласта с учетом их взаимовлияния. Автором разработана методика подбора наилучшей точки отсечения для разделения периодов для обучения и тестирования моделей на основе дискретных скрытых марковских процессов. Подобная методика позволяет избежать часто возникающей проблемы в прогнозировании, когда модель обучается по данным соответствующих одному типу случайного процесса, а тестируется на динамических данных, соответствующих другому типу случайного процесса. Автором обосновано применение байесовской векторной авторегрессии (BVAR) к прогнозированию эксплуатационных параметров скважин, позволяющей получить не только достоверный прогноз, но и количественно объяснить влияние на скважину параметров эксплуатации соседних по кусту скважин с учетом лага запаздывания. Такое объяснение полезно при формировании управляющих решений по

эксплуатации скважин месторождения. Разработанные автором панельные модели пространственного лага позволяют выделить количественные индивидуальные эффекты, присущие конкретной скважине и временному периоду, что можно рассматривать как дополнительную информацию по эксплуатации скважин.

Достоверность и обоснованность научных результатов

Достоверность и обоснованность научных результатов диссертационного исследования подтверждается корректностью применения статистических инструментов при обработке, анализе и непосредственном моделировании эксплуатационных параметров скважин. Все этапы исследования сопровождаются статистическими критериями, в том числе проверка эффективности, состоятельности и несмещенности получаемых при моделировании оценок. Гиперпараметры моделей подбираются в результате эксперимента на основе сетки поиска. В диссертации проводится численный эксперимент по прогнозированию согласно предложенной методике с горизонтом упреждения прогноза в три месяца, при этом проводится сравнение полученных результатов с классическими и современными моделями (емкостно-резистивными моделями, градиентным бустингом и др.), исходя из минимума средней ошибки аппроксимации. Основные материалы диссертационной работы изложены в опубликованных научных трудах достаточно полно, разделы диссертации грамотно и логично взаимосвязаны.

Значимость для науки результатов диссертационных исследований, полученных автором

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке методики прогнозирования продуктивности скважин с учетом их взаимного влияния. Методика основана на комплексном исследовании проблемы моделирования пласта и использовании различных методов и подходов, включая методы геостатистики, статистическое панельное пространственное

моделирование, модели на основе анализа коинтеграции временных рядов и нейросетевые модели. Методика позволяет получить информацию для прогнозирования пространственно-временного взаимовлияния скважин месторождения и может быть использована для оценки связанности пластовых систем.

Значимость для производства результатов диссертационных исследований, полученных автором

Исследование по прогнозированию основных параметров эксплуатации скважин нефтяного пласта имеет большое значение для развития нефтегазовой отрасли, предоставляя компаниям инструменты для повышения эффективности добычи, снижения операционных рисков и укрепления конкурентных позиций. Практическая значимость данного исследования заключается в том, что разработанная комплексная методика оценки и прогноза основных параметров эксплуатации скважин нефтяного пласта с учетом их взаимовлияния помогают улучшить предсказание добычи скважин, анализировать влияние различных факторов на процессы добычи и оптимизировать управление месторождениями.

Применение такой методики и моделей может быть полезно для нефтедобывающих компаний при принятии решений о стратегии разработки месторождений, оптимизации процессов добычи, планировании бурения новых скважин, выборе скважин для консервации, а также оценке эффективности добычи и принятии решений об управлении активами месторождения. Результаты исследования могут быть использованы для повышения эффективности добычи углеводородов, снижения затрат и времени на разработку месторождений, а также для улучшения планирования долгосрочных стратегий добычи.

Конкретные рекомендации по использованию результатов диссертационных исследований, полученных автором

Разработанная программа, на основе полученной комплексной методики, может быть внедрена в работу нефтедобывающей компании, осуществляющей свою деятельность в Западно-Сибирском регионе, за счет интегрирования ее в корпоративную информационную систему, аналогичную «Баспро».

Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на международной научно-практической конференции «Цифровые технологии в бизнесе» (г. Уфа, 2023 г.), научно-практической конференции «Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли» (г. Москва, 2022 г.), Международной научной конференции «Моделирование в инженерном деле 2021» (МИЕ2021) (г. Москва, 2021 г.), Международной конференции общества SPE «Arctic and Extreme Environments Technical Conference and Exhibition» (Москва, 2013 г.), а также реализованы при проектировании разработки Приобского, Салымского и Куюмбинского нефтяных месторождений.

Автором разработана (в соавторстве) и зарегистрирована программа для ЭВМ: № 2023683879 – «Программа среднесрочного прогнозирования показателей продуктивности скважин с учетом влияния ее окружения».

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Диссертанту следовало более подробно описать методику разделения месторождения на кусты согласно связности скважин, а не их исторической сформированности согласно проведению буровых работ. В диссертации указано, что в ходе численных экспериментов выдвигался ряд гипотез по разделению на кусты. Было бы полезным описать все гипотезы, которые выдвигались и почему какие-то из них не подтвердились.

2. В исследовании не отражены ограничения использования подхода разделения динамики наблюдения на обучающий и тестовый наборы данных согласно скрытым марковским процессам. В первую очередь это касается необходимой длины исторического ряда для применения описанного метода.

3. Важно уделить внимание обсуждению потенциальных ограничений и недостатков разработанной методики прогнозирования, таких как ограничения на случаи первичной добычи на вновь введенных в эксплуатацию скважинах и скважинах после длительного простоя. Предложение возможных путей улучшения методики для решения этих ограничений будет полезным.

4. Также стоит обсудить возможность расширения исследования на другие типы месторождений или уточнения методики для более корректного прогнозирования в различных условиях добычи нефти. Дальнейшее совершенствование моделей и учет дополнительных параметров могут сделать исследование еще более полезным и актуальным для практического применения в индустрии.

5. При описании разработки методики по оценке экономической эффективности моделей прогнозирования с учетом взаимной связности добычи на кустах было бы целесообразно привести численный эксперимент по ее применению.

Указанные замечания по работе Бахитова Р.Р. не снижают общей ценности диссертационной работы, выполненной на высоком научно-техническом уровне и носят рекомендательный характер. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научнообоснованные технические решения и разработки, направленные на совершенствование методов прогнозирования основных параметров эксплуатации скважин нефтяного пласта методами статистического моделирования и машинного обучения.

Соответствие паспорту заявленной специальности

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.8.4. – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, а именно п. 9: «Научные основы создания цифровых двойников технологических процессов, используемых в компьютерных технологиях интегрированного проектирования и системного мультидисциплинарного мониторинга эволюции природно-техногенных систем, создаваемых для эффективного извлечения из недр или хранения в недрах жидких и газообразных углеводородов и водорода путем управления ими с использованием методов и средств информационных технологий, включая методы оптимизации и геолого-гидродинамическое моделирования».

Общее заключение

В целом диссертационная работа Бахитова Рината Радиковича «Прогноз основных параметров эксплуатации скважин нефтяного пласта методами статистического моделирования и машинного обучения» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки методик оценки и прогноза основных параметров эксплуатации скважин нефтяного пласта с учетом их взаимовлияния с использованием статистического моделирования и машинного обучения, имеющей значение для развития нефтегазовой отрасли. Диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Соискатель Бахитова Рината Радиковича заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата наук по специальности 2.8.4. – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Диссертационная работа Бахитова Рината Радиковича «Прогноз основных параметров эксплуатации скважин нефтяного пласта методами

статистического моделирования и машинного обучения» заслушана и
обсуждена на расширенном совещании Управления мониторинга разработки
и Управление проектирования разработки и моделирования ООО «РН-
КрасноярскНИПИнефть». На заседании присутствовало 28 человек.
Результаты голосования: «за» - 28 человек, «против» - 0 человек,
«воздержалось» - 0 человек. Протокол № 3 от 15.04.2024 г.

Отзыв подготовили:

Заместитель генерального директора

по геологии и разработке

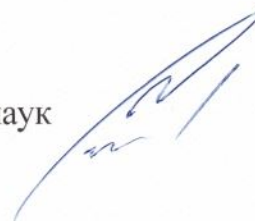
ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», канд. физ.-мат. наук



В.Г. Волков

Начальник управления мониторинга разработки

ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», канд. техн. наук



М.С. Королев

16 апреля 2024 года

Волков Владимир Григорьевич,

Заместитель генерального директора

по геологии и разработке

ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»

кандидат физико-математических наук по специальности

05.13.18 – Математическое моделирование,

численные методы и комплексы программ.

ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»,

тел. +7 (391) 200-88-30 доб.2503

Эл. почта: VolkovVG@knipi.rosneft.ru

Королев Максим Сергеевич,
Начальник управления мониторинга разработки
ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»
кандидат технических наук по специальности
25.00.17 – Разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений.
ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»,
тел. +7 (391) 200-88-30 доб.2713
Эл. почта: KorolevMS@knipi.rosneft.ru

Подписи Волкова В.Г., Королева М.С. удостоверяю:

Начальник отдела
по персоналу и социальным программам
ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»



О.В. Кириллова

660098, РФ, г. Красноярск, ул. 9 Мая, 65Д,
ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»,
sekr@knipi.rosneft.ru

