

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

Пермского национального исследовательского
политехнического университета,

технических наук, профессор


Коротаев Владимир Николаевич

«11» марта 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация на тему «Многоуровневый вероятностно-статистический мониторинг разработки и эксплуатации нефтяных месторождений» выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Геология нефти и газа».

В период подготовки диссертации соискатель *Пономарева Инна Николаевна* работала в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», в должности доцента кафедры «Нефтегазовые технологии».

В 2001 г. окончила Пермский государственный технический университет по специальности «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» с присуждением квалификации «инженер».

В 2011 году защитила диссертацию на тему «Исследование и совершенствование методов оценки состояния прискважинных зон продуктивных пластов» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений в диссертационном совете Д 212.273.01 при Тюменском государственном нефтегазовом университете (г. Тюмень).

С 01 февраля 2018 г. по настоящее время обучается в докторантуре в Пермском национальном исследовательском политехническом университете, на кафедре «Геология нефти и газа».

Научный консультант – Галкин Владислав Игнатьевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, работает заведующим кафедрой «Геология

нефти и газа» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Представленная *Пономаревой Инной Николаевной* диссертация посвящена разработке теоретических и методологических основ повышения качества, информативности и достоверности мониторинга разработки и эксплуатации нефтяных месторождений.

2. Личное участие автора заключается в постановке проблемы, формулировке цели и задач диссертации, выборе объекта, предмета, методов и методологии исследований, разработке структуры диссертации, сборе, систематизации, обработке и анализе всех использованных промысловых данных, разработке и апробации предложенных методик, обосновании защищаемых положений, развитии теоретических представлений многоуровневого вероятностно-статистического мониторинга разработки и эксплуатации нефтяных месторождений, оценки практической значимости полученных результатов, подготовке публикаций по материалам диссертационного исследования.

3. Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке теоретической базы и методологического подхода для решения важной научно-производственной проблемы – повышения качества, информативности и достоверности мониторинга разработки и эксплуатации нефтяных месторождений, что представлено совокупностью следующих положений:

- Впервые обоснованы возможности многоуровневого многомерного вероятностно-статистического моделирования для решения актуальных для промысловых задач: определения текущего пластового и забойного давлений, а также дебитов жидкости скважин. Установлено, что многоуровневое многомерное вероятностно-статистическое моделирование позволяет учесть конкретные геолого-физические особенности рассматриваемых объектов разработки, установить закономерности формирования прогнозируемых параметров и показателей в разные периоды разработки, в разных геолого-физических условиях, что, в свою очередь, качественно влияет на достоверность на определение показателей, характеризующих особенности разработки месторождений нефти.

- Доказано, что проведение мероприятий по гидравлическому разрыву пласта оказывает влияние на работу не только скважины – объекта воздействия, но и всего элемента системы разработки, в котором расположена данная скважина. Определены условия, при которых проведение ГРП в отдельной скважине может привести к изменению степени согласованности работы гидродинамической системы в пределах элемента разработки.

- Разработана методика прогноза направления преимущественного образования трещины в процессе ГРП; достоверность методики подтверждена сходимостью полученных параметров трещин с результатами

микросейсмического мониторинга.

- Предложен метод оценки взаимодействия между добывающими и нагнетательными скважинами, основанный на статистическом анализе интегральных (накопленных) показателей разработки, отличающийся от известных методов, использующих корреляцию дифференциальных показателей (дебитов скважин).

4. Достоверность научных положений, выводов и практических рекомендаций обеспечивается корректным теоретическим обоснованием приведенных утверждений и положений. Адекватность проведенных исследований подтверждается соответствием полученных выводов, теоретических, расчетных и фактических (промысловых) результатов, в том числе представленных в работах других исследователей. Достоверность расчетных и экспериментальных оценок подтверждается результатами практического внедрения разработанных методик: методика оценки результатов ГРП подтверждается материалами микросейсмических исследований, а способ оценки распределения объемов закачки согласуется с данными специально выполненных трассерных исследований.

5. Практическая значимость исследований заключается в том, что соискателем:

- Разработана методика определения забойного давления, адаптированная для всех основных объектов разработки месторождений, приуроченных к Соликамской депрессии, позволяющая осуществлять устойчивый мониторинг эксплуатации добывающих скважин. Установлено, что погрешность определения забойного давления с применением многоуровневых многомерных моделей не превышает 0,5 МПа, тогда как применяемая в настоящее время, плотностная методика характеризуется погрешностью практически 2 МПа.
- Разработана методика определения пластового давления без остановки скважин на исследование, адаптированная и примененная на практике к условиям всех объектов разработки месторождения им. Сухарева. Практическое применение методики позволит в значительной степени снизить недоборы нефти по причине отсутствия необходимости остановки скважин.
- Разработан способ оценки направления и размеров трещины гидравлического разрыва пласта, позволяющий осуществлять его достоверный мониторинг и принимать обоснованные решения по дальнейшему тиражированию данной технологии воздействия на пласт.
- Разработана и апробирована методика оценки распределения объемов закачки, основанная на статистическом анализе интегральных (накопленных) показателей разработки, позволяющая оценить эффективность реализованной системы поддержания пластового давления и принимать адекватные меры по ее регулированию.

6. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем:

По теме диссертационного исследования соискателем опубликовано 47 научных работы, в том числе 20 работ – в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. В соавторстве получены три патента на изобретение и два свидетельства о регистрации программы ЭВМ.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Оценка результатов гидравлического разрыва пласта на основе комплексного анализа данных микросейсмического мониторинга и геолого-промысловой информации / А. В. Растегаев, И. А. Черных, И. Н. Пономарева, Д. А. Мартюшев // Нефтяное хозяйство. – 2019. – №8. – С.122-125. (Перечень ВАК, Scopus).

В статье автором описана предложенная и апробированная на примере скважин Шериневского месторождения методика определения размеров и направления трещин гидравлического разрыва пласта, основанная на многоуровневом моделировании.

Переводная версия:

Assessment of results of hydraulic fracturing on the basis of microseismic monitoring, geological and production data comprehensive analysis / A. V. Rastegaev, I. A. Chernykh, I. N. Ponomareva, D. A. Martyushev // Neftyanoe Khozyaystvo - Oil Industry [Electronic resource]. - 2019. - № 8- P. 122-125.

2. Методика определения забойного давления с использованием многомерных моделей / В. И. Галкин, И. Н. Пономарева, И. А. Черных и др.// Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 1. – С. 40-43. (Перечень ВАК, Scopus).

В статье приводится методика, позволяющая определять забойное давление при эксплуатации механизированных скважин, необорудованных глубинными измерительными приборами, основанная на математической обработке данных параллельных устьевых и глубинных измерений.

Переводная версия:

Methodology for estimating downhole pressure using multivariate model / V. I. Galkin, I. N. Ponomareva, I. A. Chernykh, E. V. Filippov, G. N. Chumakov // Neftyanoe Khozyaystvo - Oil Industry [Electronic resource]. - 2019. - № 1- С. 40-43.

3. Development of method for determining bottom-hole pressure in production wells / V. I. Galkin, I. N. Ponomareva, I. A. Chernykh // Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2017) [Electronic resource]: Proceedings of the Intern. Conf., Tomsk, 27-29 July, 2017 / Tomsk Polytechnic University. - Paris; Amsterdam; Hong Kong : Atlantis Press, 2017. - P. 227-232. - (Advances in Engineering Research, ISSN 2352-5401 ; vol. 133). (Web of Science).

В статье автором приведены результаты исследований, направленных на построение многомерных математических моделей для определения забойного давления при эксплуатации добывающих скважин.

4. Мартюшев, Д.А. Исследование особенностей выработки запасов трещинно-поровых коллекторов с использованием данных гидродинамических исследований скважин / Д. А. Мартюшев, И. Н. Пономарева // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 10. – С. 102-104. (Перечень ВАК, Scopus).

В статье, на основе специально выполненной интерпретации материалов гидродинамических исследований скважин, автором описаны установленные основные закономерности разработки залежей нефти, приуроченных к карбонатным коллекторам.

5. Черных, И. А. Сравнительный анализ методик определения забойного давления при эксплуатации добывающих скважин Шершневского месторождения / Черных И.А., Галкин В.И., Пономарева И.Н. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328. – № 8. С. 41-47. (Web of Science)

В статье автором, с применением вероятностно-статистических методов, приведено сравнение трех методик определения забойного давления при эксплуатации добывающих скважин, на примере Шершневского месторождения, показаны преимущества методики, основанной на применении многомерных математических моделей.

Переводная версия:

Comparative analysis of the methods for defining bottom hole pressure at well operation of Shershnevsky field / I. A. Chernykh, V. I. Galkin, I. N. Ponomareva // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering [Electronic resource]. - 2017. - Vol. 328, Iss. 8- P. 41-47.

6. Галкин, В. И. Изучение фильтрационно-емкостных свойств трещиновато-поровых коллекторов турнейско-фаменских объектов месторождений Соликамской депрессии / В.И. Галкин, И. Н. Пономарева // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 11. – С. 88-91. (Перечень ВАК, Scopus).

В статье автором приводятся обобщенные результаты исследований по установлению закономерностей изменения фильтрационно-емкостных свойств продуктивных объектов, приуроченных к турнейско-фаменским отложениям.

Переводная версия:

Study of reservoir properties fractured-porous reservoirs of Tournasian-Famennian objects in the oil fields of Solikamskaia depression / V. I. Galkin, I. N. Ponomareva // Neftyanoe Khozyaystvo - Oil Industry [Electronic resource]. - 2016. - № 11- P. 88-91.

7. Определение параметров трещиноватости пород на основе комплексного

анализа данных изучения керна, гидродинамических и геофизических исследований скважин / С. С. Черепанов, И. Н. Пономарева, А. А. Ерофеев, С. В. Галкин // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 94-96. (Перечень ВАК, Scopus).

В статье рассмотрены возможности комплексного использования геофизических и гидродинамических исследований скважин, а также данных анализа керна, с целью определения параметров трещиноватости карбонатных коллекторов.

Переводная версия:

Determination of fractured rock parameters based on a comprehensive analysis of the data core studies, hydrodynamic and geophysical well tests / S. S. Cherepanov, I. N. Ponomareva, A. A. Erofeev, S. V. Galkin // Neftyanoe Khozyaystvo - Oil Industry [Electronic resource]. - 2014. - № 2- P. 94-96.

8. Черепанов, С.С. Оценка фильтрационно-емкостных свойств трещиноватых карбонатных коллекторов месторождений Предуралья Краевого прогиба / С. С. Черепанов, Д. А. Мартюшев, И. Н. Пономарева // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 62-65. (Перечень ВАК, Scopus).

В статье выполнен анализ возможности оценки параметров карбонатных коллекторов трещинно-порового типа при обработке данных гидродинамических исследований скважин с применением метода Уоррена-Рута.

9. Ерофеев, А.А. К определению пластового давления при гидродинамических исследованиях скважин в карбонатных коллекторах / А. А. Ерофеев, И. Н. Пономарева, В. А. Мордвинов // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 4. – С. 98-100. (Перечень ВАК, Scopus).

В статье автором описываются результаты исследований, направленных на изучение продолжительности восстановления давления в сложностроенных карбонатных коллекторах.

10. Пономарева, И.Н. Оценка продолжительности формирования кривых восстановления давления при исследовании добывающих скважин Чашкинского месторождения / И. Н. Пономарева, М. Б. Савчик, В. А. Мордвинов // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 7. – С. 112-113. (Перечень ВАК, Scopus).

В статье автором приводятся результаты анализа продолжительности остановки скважин на исследование, необходимой для достоверного определения пластового давления в процессе эксплуатации добывающих скважин.

11. Мартюшев, Д.А. Исследование особенностей выработки запасов в трещинно-поровых коллекторах с привлечением данных гидродинамических исследований скважин (на примере фаменской залежи Озерного месторождения) / Д. А. Мартюшев, И. Н. Пономарева // Инженер-нефтяник. – 2016. – № 2. – С. 48-52.

В статье автором, на основе интерпретации гидродинамических исследований, приведены основные особенности выработки запасов фаменской залежи Озерного месторождения.

12. Галкин, В.И. Исследование процесса нефтеизвлечения в коллекторах различного типа пустотности с использованием многомерного статистического анализа / В. И. Галкин, И. Н. Пономарева, В. А. Репина / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2016. – Т. 15. – № 19. – С. 145-154. (Перечень ВАК).

В статье автором приводятся результаты исследований по оценке дебитов скважин в сложнопостроенных карбонатных коллекторах вероятностно-статистическими методами.

13. Галкин, В.И. Разработка методики оценки возможностей выделения типов коллекторов по данным кривых восстановления давления (КВД) по геолого-промысловым характеристикам пласта (на примере фаменской залежи Озерного месторождения) / В. И. Галкин, И. Н. Пономарева, С. С. Черепанов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – Т. 14. – № 17. – С. 32-40. (Перечень ВАК).

В статье автором доказана закономерность пространственного размещения коллекторов различного типа и предложена методика определения их трещиноватости с использованием вероятностно-статистических методов.

14. Пономарева, И.Н. Оптимизация периода восстановления давления в нефтедобывающих скважинах при их исследовании / И. Н. Пономарева, С. В. Мильчаков // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2009. – № 10. – С. 61-62. (Перечень ВАК).

В статье автором предложен подход по оценке необходимой продолжительности остановки скважин с целью достоверного определения пластового давления.

15. Способ определения текущего пластового давления в эксплуатирующейся скважине турнейско-фаменской залежи без ее остановки: пат. 2715490 РФ : / Галкин В. И., Пономарева И. Н., Черных И. А.; заявители и патентообладатели: Галкин В. И., Пономарева И. Н., Черных И. А. - №2019124583; заявл. 30.07.2019, опубл. 28.02.2020. Бюл. № 7.

Соискателем предложена методика, позволяющая с высокой степенью достоверности определять текущее пластовое давление в зоне отбора без остановки скважин на исследование, основанная на построении многоуровневых многомерных вероятностно-статистических моделей.

16. Способ оценки состояния призабойной зоны пласта / В.И. Галкин, И.Н. Пономарева, В.В. Поплыгин RU 2687828; заявл.30.07.2018.

Соискателем предложена методика достоверного определения гидродинамических характеристик пластов в призабойных и удаленных зонах.

17. Способ комплексной оценки состояния призабойной зоны пласта / И.Н. Пономарева, В.В. Поплыгин RU 252579; заявл.20.07.2014.

Соискателем предложена методика достоверной оценки гидродинамического состояния призабойной зоны пласта при исследовании скважин в сложнопостроенных низкопроницаемых коллекторах.

7. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите

Диссертационная работа Пономаревой Инны Николаевны выполнена по направлению мониторинга и управления пластовых систем в процессе нефтеизвлечения, что соответствует формуле паспорта специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, а именно:

п.3 - Научные аспекты и средства обеспечения системного комплексного (мультидисциплинарного) проектирования и мониторинга процессов разработки месторождений углеводородов, эксплуатации подземных хранилищ газа, создаваемых в истощенных месторождениях и водонасыщенных пластах с целью рационального недропользования.

п.5 - Научные основы компьютерных технологий проектирования, исследования, эксплуатации, контроля и управления природно-техногенными системами, формируемыми для извлечения углеводородов из недр или их хранения в недрах с целью эффективного использования методов и средств информационных технологий, включая имитационное моделирование геологических объектов, систем выработки запасов углеводородов и геолого-технологических процессов.

8. Диссертация «Многоуровневый вероятностно-статистический мониторинг разработки и эксплуатации нефтяных месторождений» *соответствует требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.:* автор, Пономарева И.Н., корректно ссылается в тексте диссертации на авторов и(или) источники заимствования материалов, в том числе при использовании результатов научных работ, опубликованных им лично или в соавторстве.

Диссертация на тему «Многоуровневый вероятностно-статистический мониторинг разработки и эксплуатации нефтяных месторождений» Пономаревой Инны Николаевны *рекомендуется* к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Заключение принято на совместном заседании кафедр «Геология нефти и

газа» и «Нефтегазовые технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (протокол от 02 марта 2020 г.). Присутствовало на заседании 21 чел. Результаты голосования: «за» - 21 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0.

Заключение подготовил доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Нефтегазовые технологии» Хижняк Григорий Петрович.

Заведующий кафедрой
«Нефтегазовые технологии»,
доктор технических наук,
доцент

Хижняк Г.П.

Заместитель заведующего кафедрой
«Геология нефти и газа»,
кандидат геолого-минералогических наук,
доцент

Козлова И.А.