

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Смирнова Олега Аркадьевича на тему:
**«ТЕХНОЛОГИЯ И МЕТОДИКА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ
РАЗНОМАСШТАБНЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ НЕДР НА РАЗЛИЧНЫХ
ЭТАПАХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ»,**
представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по
специальности 1.6.11.- «Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений»

Диссертационная работа Смирнова О.А. посвящена проблеме совершенствования методики и практики прогнозирования нефтегазоносности недр, построения геологических моделей, обеспечивающих повышение эффективности геологоразведочных работ на нефть и газ за счет комплексного использования разномасштабных геолого-геофизических данных.

Актуальность исследования

Для современного этапа развития нефтедобывающей отрасли РФ, составляющей базу экономики, обеспечивающей минерально-сырьевую, энергетическую и экономическую безопасность, характерно существенное истощение разрабатываемых месторождений, ухудшение структуры и доли активных остаточных запасов, снижение эффективности освоения вводимых в разработку месторождений. При этом, согласно стратегическим документам, выявлены системные проблемы с подготовкой и наращиванием новой сырьевой базы нефти и газа, связанные с естественным истощением недр, высокой изученностью наиболее перспективных богатых и освоенных регионов, и резким усложнением геологического строения объектов, представляющих интерес для современного этапа изучения. Обеспеченность добычи разведенными активными запасами нефти и технологиями их освоения по оценке Минприроды составляет лишь 19-20 лет, природного газа - более 50 лет, что заставляет бережно относиться к уже разрабатываемым месторождениям и искать принципиально новые решения при поисках и разведке новых скоплений в малоизученных районах.

По данным Bloomberg размер среднего нефтяного открытия (без учета сланцевых месторождений) в мире сократился за последние 20 лет почти в 4 раза, а средний размер новых открываемых месторождений в мире составил за последние 10 лет менее 5 млн.т (извлекаемых) запасов нефти, что для большинства нефтегазоносных провинций РФ ниже величины запасов, обеспечивающих возможность их рентабельного освоения. Темпы эксплуатационного бурения в РФ бьют все рекорды и составили в 2023 году более 30 млн. м из которых на горизонтальное бурение пришлось 18,7 млн.м., что свидетельствует об интенсификации разработки уже введенных в освоение запасов нефти, не компенсируемых новыми открытиями.

С учетом указанных особенностей, наряду с развитием технологий, наиболее оправданным является создание опережающих адекватных геологических моделей разномасштабных объектов от регионального (малоизученные районы), зонального и до локального уровня, позволяющих построить иерархическую систему изучения, соответствующую масштабу перспективности и уровню изучения. Создание таких моделей должно быть теоретически обоснованным и преследовать практические цели последовательного наращивания новых знаний о геологическом строении объекта, обладая свойствами непротиворечивости и согласованности со всей накопленной геолого-

геофизической информацией, выявляя наиболее эффективные направления развития нефтегазового потенциала. В практике ГРР такого рода задачи решаются либо прогнозом и выявлением зон нефтегазонакопления, выделяемых в пределах целевых комплексов изучения как поисковых объектов, либо с использованием технологии бассейнового моделирования (углеводородных систем), консолидирующих анализ всех геологических явлений и фактов. Дальнейшая детализация прогноза на локальном уровне связана с возможностями наращивания изученности и уточнением интерпретационной модели, что может быть обеспечено внедрением комплексного подхода с применением современных технологий ГРР, обеспечивающих достоверность разработанных моделей, что ставит такие исследования в особый ряд необходимых, востребованных и актуальных. Это позволит заменить широко распространенные программные комплексы современных лидеров геологического моделирования, использующих упрощенные модели и “стандартные” алгоритмы прогнозирования, не позволяющие решать практические задачи в сложнопостроенных районах и комплексах.

Заявленной целью исследования является совершенствование методики и практики прогнозирования нефтегазоносности недр, построения геологических моделей залежей и ловушек УВ, обеспечивающих повышение эффективности геологоразведочных работ за счет комплексирования разномасштабных геолого-геофизических данных на всех этапах геологоразведочного процесса (региональном, поисковом, разведочном) и эксплуатационного бурения.

Автором на защиту выносятся 4 положения

1. Адаптированная к геологическим условиям методика построения геологических моделей на основе многомерных регрессионных моделей позволяет повысить качество и эффективность ГРР при прогнозировании и подготовке для бурения малоамплитудных и малоразмерных объектов.

2. Усовершенствованная методика построения схем структурно-тектонического районирования и оценки перспектив нефтегазоносности на основе разделения структурного плана на компоненты и анализа подобия руководящих структурных форм позволяет повысить эффективность планирования ГРР (на примере Волго-Уральской, Западно-Сибирской, Охотоморской, Баренцево-Карскоморской, Южно-Каспийской и других провинций).

3. Усовершенствованная методика изучения особенностей строения карбонатного и терригенного типов разреза на основе безэталонной классификации сейсмических данных позволяет повысить качество и надежность геологических моделей для подсчета запасов и выбора первоочередных участков для бурения.

4. Апробированная на практике совокупность методических и технологических приемов комплексирования разномасштабных геолого-геофизических данных (цифровой модели местности – SRTM, гравиразведки, магниторазведки, сейсморазведки, бурения) обеспечивает повышение эффективности ГРР на этапах поиска, разведки и подготовки месторождения углеводородов к разработке для различных условий осадочных бассейнов.

С учетом требований ВАК о том, что диссертация на соискание ученой степени доктора наук должна быть научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, либо решена научная проблема, имеющая важное политическое, социально-экономическое, культурное или хозяйственное значение, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад

в развитие страны – предложенные защищаемые положения можно рассматривать в свете последней части положения.

В целом, необходимо отметить, что сами формулировки защищаемых положений трудно считать удачными, поскольку три из четырех начинаются словами “усовершенствованная или адаптированная методика”, что само по себе не отвечает каким либо элементам формулирования научного защищаемого положения. Было бы понятнее, если бы они были сформулированы именно как научно-обоснованные технические и технологические решения, направленные на достижение практического результата. Тем более, что немного опережая анализ диссертационной работы, можно отметить, что автор, в ней последовательно обосновывает и реализовывает комплекс таких эффективных решений. В 4-ом защищаемом положении явно “лишними” являются вступительные слова “апробированная на практике”, убрав которые можно увидеть полноценный научный тезис, обоснованный в работе.

Достижение поставленной цели автора диссертационного исследования должно обеспечить решение таких задач как:

- выполнение анализа технологий, использующих методы комплексирования геолого-геофизических данных на этапах поиска, разведки и подготовки месторождения к разработке залежей УВ;
- разработка и адаптация технологии построения структурных карт с использованием метода многомерной регрессии с применением карт изохрон и структурной поверхности по опорному горизонту;
- разработка и адаптация к практике ГРР методики структурно-тектонического районирования и оценки перспектив нефтегазоносности на основе разделения структурного плана на компоненты и анализа подобия руководящих структурных форм;
- разработка методических подходов и адаптация технологии безэталонной классификации сейсмических данных для изучения строения залежей углеводородов, представленных карбонатным и терригенным типами коллекторов;
- адаптация к различным нефтегазоносным регионам методических и технологических приемов комплексирования разномасштабных геолого-геофизических данных с целью повышения эффективности ГРР на этапах поиска, разведки и подготовки месторождения углеводородов к разработке;
- оценка успешности и подтверждаемости выполненных прогнозов новых ловушек УВ и построенных геологических моделей по результатам бурения.

Как следует из перечисленного комплекса задач, автор целенаправленно выполнял исследование, направленное на совершенствование технологий, методов и методики проведения ГРР и обработки результатов с целью повышения эффективности ГРР.

Анализ диссертационного исследования.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения, включает 273 рисунка, 10 таблиц, общий объем работы 468 машинописных страниц. Библиография насчитывает 442 наименования.

Прежде чем перейти к обсуждению диссертационной работы отметим, что автор определил в качестве **объекта исследования** перспективные и продуктивные отложения осадочных нефтегазоносных бассейнов, а в качестве **предмета исследования** – сложнопостроенные ловушки и залежи углеводородов, которые характеризуются различными условиями залегания, особенностями геологического строения, типом коллекторов, что, по мнению рецензента, не в полной мере отражает направленность исследования и потому вызывает много вопросов при анализе диссертационной работы и

полученных результатов. Объектом исследования, по мнению рецензента, являлись **технологии геологоразведочных работ на нефть и газ**, а предметом исследования **методология, методы и способы проведения исследований и обработки результатов ГРР**.

Глава 1, несмотря на то, что она является вводной и посвящена анализу основных способов и технологий обработки разномасштабной геолого-геофизической информации, включает описание разработанных автором подходов к структурным построениям с использованием метода многомерной регрессии, применения тренд-анализа как эффективного метода выявления скрытых закономерностей при комплексировании его с Big Data анализом и возможности применения технологии частотной фильтрации (как разновидности метода разложения поверхности на локальные составляющие), позволяющей решать широкий круг геологических задач, направленных на выявление наиболее нефтегазоперспективных участков и районирование территории.

Существенная часть главы посвящена описанию метода безэталонной многомерной классификации, который был использован при разработке программных комплексов «Классификация» и «Таксономия», используемых для структурно-тектонического районирования территории и для изучения строения осадочных тел терригенных и карбонатных пород.

Представленные технологии широко используются на практике и включены в «Методические рекомендации по использованию данных сейсморазведки для подсчета запасов углеводородов в условиях карбонатных пород с пористостью трещинно-кавернозного типа».

В качестве небольшого замечания к главе необходимо отметить не очень удачную структуру описания с первых страниц диссертации предложений по совершенствованию технологий и методов, без описания существующего положения и проблем требующих решения.

В целом, анализ первой же главы свидетельствует о направленности доказательства автором первых трех защищаемых положений.

В главе 2 проводится анализ проблем изучения и оценки перспектив нефтегазоносности недр на региональном этапе проведения ГРР и пути их решения.

Эта глава изложена последовательно, начиная от анализа проблем, описания предложений по уточнению методики прогнозирования нефтегазоносности недр на региональном этапе и конкретных примеров оценки перспектив нефтегазоносности за счет уточнения нефтегазогеологического и структурно-тектонического районирования.

Автор, используя комплексирование грави- и магниторазведки с привлечением данных сейсморазведки и глубокого бурения, предлагает решение задач районирования для разномасштабных объектов существенно различающихся по геологическому строению регионов.

Приводится аргументация необходимости внимательного отношения к решению задач оценки перспектив, начиная с регионального уровня. Несмотря на отказ от зарекомендовавших себя как высокоэффективные технологии выделения и оценки зон нефтегазонакопления и технологий бассейнового моделирования, разработанные принципы комплексирования геолого-геофизических данных свидетельствуют о возможности решения главной задачи – выбора наиболее значимых участков дальнейших более детальных ГРР на поисково-оценочном этапе их проведения.

В главе 3 проводится анализ проблем изучения и оценки нефтегазоносности недр на поисково-оценочном этапе ГРР.

Основной акцент сделан на практике выявления и подготовки к бурению сейсморазведкой локальных объектов, а также их описывания бурением.

Автор справедливо отмечает довольно низкую эффективность воспроизводства запасов в современных условиях, что особенно характерно для Западно-Сибирской НГП, обусловленную неудовлетворительным качеством выполняемых ГРР на всех этапах и необходимостью изменить методические подходы при выделении перспективных объектов, подсчете запасов и подготовке их к разработке.

В качестве базовой методологии предлагается комплексирование геолого-геофизических методов для обоснования выделения перспективных зон в конкретных нефтегазоперспективных комплексах с использованием характерных (индивидуальных) критериев контроля нефтегазоносности. Предложены алгоритмы интерпретации и построения сейсмогеологической модели с выделением критериев локализации перспективных зон.

Существенный интерес представляет выявление перспективных объектов на основе технологии сейсмической безэталонной классификации и технология выделения объектов и построения трехмерных моделей.

Разработанные методические критерии выделения и локализации перспективных участков нашли воплощение в многочисленных рекомендациях по выбору местоположения проектных скважин, подтвердивших по результатам бурения выданные рекомендации.

Глава 4 является наиболее представительной в исследовании, где обсуждается методика и практика построения геологических моделей залежей УВ на разведочном этапе.

Основными проблемами изучения и построения геологических моделей залежей УВ являются многочисленные неопределенности, связанные как с геологическими причинами, так и с геолого-геофизической изученностью. Автором отмечается низкая достоверность выделяемых по комплексу ГИС коллекторов результатами испытания, и аргументируется целесообразность перехода на классификацию коллекторов с выделением классов коллекторов с высоким и низким фильтрационным потенциалом.

Установлено, что условием продуктивности коллектора, равно как и условием сохранения эффективного пустотного пространства пласта-коллектора для условий Западной Сибири, является наличие аномально высокого пластового давления. Граница распространения АВПД в арктических районах Западной Сибири совпадает с областью неотектонического воздымания и роста локальных поднятий. И то, и другое, по мнению автора, связано с процессами вертикальной флюидомиграции углеводородных и неуглеводородных газов. Сделан вывод о том, что наличие АВПД является главным фактором, определяющим продуктивность разреза.

К важным результатам исследования, описанным в главе 4, можно отнести детальное выделение зон различной продуктивности залежи баженовской свиты и доюрского комплекса на основе комплексного подхода к анализу геолого-геофизических данных, а также подход к построению геологической модели залежи УВ в серпентинитах фундамента на основе генетической схемы формирования коллекторов. На примере одного из месторождений Томской области показана необходимость комплексирования геолого-геофизической информации на этапе построения геологической модели и подсчета запасов на основе разработанного в исследовании алгоритма.

Глава 5 посвящена построению и сопровождению геологических моделей залежей углеводородов на этапе эксплуатационного бурения и в какой-то мере подводит итоги всего исследования.

Автор обсуждает важную проблему создания цифровых моделей залежей углеводородов – частое несоответствие геологических моделей и реального строения залежи, определяемым сложностью его геологического строения и предлагает решения проблемы площадной неоднородности распространения коллектора и учета рисков вскрытия коллекторов с низкими ФЕС путем использования комплексной интерпретации и прогнозирования геолого-геофизических свойств разреза в проектном местоположении скважин.

Приводятся многочисленные примеры для терригенного и карбонатного разрезов нескольких провинций.

По результатам анализа диссертационной работы следует сказать, что все поставленные задачи автором решены, цель достигнута.

Теоретические достижения сводятся разработке подходов к оценке перспектив нефтегазоносности, обоснованию методики, технологии, принципов и критериев их применения для разномасштабных геолого-геофизических данных на этапах от регионального, поисково-оценочного, разведочного и эксплуатационного.

К значимым достижениям необходимо отнести разномасштабные (разноранговые) геологические модели, которые построены на основе разработанных методических приемов прогнозирования и уточнения особенностей строения продуктивной части разреза для различных осадочных бассейнов.

Разработаны принципы комплексирования разномасштабных геолого-геофизических данных и методология их реализации для прогнозирования нефтегазоносности недр на различных этапах геологоразведочных работ.

Разработаны новые подходы и усовершенствованы используемые методики при оценке перспектив нефтегазоносности на этапах ГРР: региональном, поисково-оценочном и разведочном.

Предложены методические приемы, основанные на комплексной интерпретации геолого-геофизических данных с использованием карт частотной составляющей, безэталонных многомерных сейсмических классов, которые позволяют оконтурить нефтегазонасыщенные продуктивные резервуары.

Разработана и опробована для различных нефтегазоносных регионов технология оценки и ранжирования перспектив нефтегазоносности на основе критериев классификации по комплексу поисковых признаков, такие как разложение структурных поверхностей на частотные составляющие, построение матрицы информативных структурных и палеоструктурных карт, матрицы трансформант потенциальных полей.

К практическим достижениям можно отнести успешность и высокую подтверждаемость результатов бурения на рекомендованные автором объекты различной стадии изученности.

К числу результатов относятся: расширение границ промышленной нефтегазоносности для нескольких «старых» нефтегазоносных провинций; высокую подтверждаемость разведочным и эксплуатационным бурением адекватных геологических моделей на базе построения кубов многомерной безэталонной классификации на основе сейсмических атрибутов; подходы к моделированию разреза в зонах АВПД севера Западной Сибири с использованием методики оконтуривания по

граничному значению Ка, совпадающей с нулевым значением энергетического состояния залежи.

Предложенные подходы к оценке перспектив, технологических и методических решений при прогнозировании пространственного распределения параметров и свойств резервуара позволили использовать их при составлении программы геологоразведочных работ для нефтегазовых компаний, доказавших свою высокую эффективность.

Нельзя не отметить попытку построить адекватные модели крайне сложнопостроенных объектов, такие как «палеозойские» объекты, которые многие годы представляют собой большую нерешенную проблему при поиске залежей УВ.

Замечания

Переходя к оценке работы в целом, необходимо отметить, что автору не в полной мере удалось доказать и показать собственные достижения в развитии теории и отразить личный вклад в части развития фундаментальных исследований, что, вероятно, связано с очень внимательным отношением ко всем выполненным ранее работам по направлению изучения, исключительно практической и прикладной направленностью, желанием представить и использовать полученные результаты как более эффективные, чем получаемые при традиционных методах моделирования и прогноза.

Кроме высказанных при анализе содержания отдельных глав диссертации, к работе имеется ряд замечаний:

1. Следовало бы четче, при оценке научной значимости отразить авторский вклад в развитие теории, в том числе и с точки зрения фундаментальной составляющей исследования. Автору, при соответствующем внимании к этому вопросу, наверняка, удалось определить влияние отдельных факторов на достоверность полученных результатов и т.д.

2. Необходимо строго различать параметры сейсмического (волнового) поля и параметры геологические, например, в разделе 1.4, поскольку это может вызывать неоднозначность понимания.

3. В разделе 2.2.1. на рисунке 3 представлена достаточно детальная схема частотной карты по ОГ I, но не приводится описание процесса «снятия регионального фона со структурной карты» и не приводятся исходные данные (сейсмические/геологические) на основании которых удалось снять данный фон.

4. В разделе 3.2.4. не разъяснено, на основании чего «наиболее рациональным и оптимальным на поисковом этапе является включение в комплекс сейсмической интерпретации технологии безэталонной классификации»?

5. В разделе 4.2.3. указано: «Одним из информативных результатов работы является формирование кубов безэталонной типизации сейсмического разреза...». Эта формулировка является затрудненной к восприятию ввиду возможного конфликта 2D и 3D размерностей и, возможно, ее следовало бы разъяснить более подробно или видоизменить (например: безэталонной типизации сейсмических данных).

6. В разделе 5.2.4. указано: «Для детализации особенностей строения карбонатной толщи использовались кубы таксономии и классификации, в которых классы и таксоны соответствуют понятию «сейсмофация» и характеризуют широкий набор фаций от депрессионных к лагунным», при этом отсутствует информация о том, на основании каких критериев выполнен переход от сейсмических фаций к конкретным геологическим.

Все замечания кроме первого являются, по сути, замечаниями к описанию технологии. Безусловно, указанные замечания не снижают качества выполненного исследования.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности

1.6.11 - «Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» по геолого-минералогическим наукам.

Выводы и рекомендации, содержащиеся в диссертации, нашли отражение в работах и публикациях автора (опубликованы более 100 работ) и использованы в профессиональной деятельности О. А. Смирнова, включены в соответствующие тематические работы и научно-производственные исследования геологоразведочных предприятий и реализованы в процессе их выполнения. Результаты представлены в производственных отчетах; научные разработки соискателя также широко освещены в докладах автора на конференциях регионального и отраслевого уровней. Автор высказал ряд новых идей, подтвержденных ее собственными методическими и практическими разработками.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

Диссертационная работа **Смирнова О.А.** отвечает критериям п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, как научно-квалификационная работа, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в наращивание минерально-сырьевой базы углеводородов, имеющая важное значение для нефтегазовой отрасли, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.11 – Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Официальный оппонент:

Прищепа Олег Михайлович,
доктор геолого-минералогических наук, с.н.с.,
заведующий кафедрой геологии нефти и газа
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II»



04.06.2024

Подпись/Дата

Контактная информация:

Адрес: 199106, Россия, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21-я линия, 2, корпус 1.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»
Тел.: 8(812) 328-81-77, сайт: <https://spmi.ru/> email: prischepa_om@pers.spmi.ru

Я, Прищепа Олег Михайлович, подтверждаю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



Подпись O.M. Прищепа
Начальник управления делопроизводства

Заверяю:
Начальник управления делопроизводства



Е.Р. Яновицкая
04 ИЮН 2024