

ОТЗЫВ

официального оппонента Оксенойд Елены Ефимовны

на диссертацию Касьянова Ильи Вячеславовича

«Комплексная методика оценки перспектив нефтегазоносности локальных структур, подготовленных сейсморазведкой к бурению в центральных районах Западно-Сибирского мегабассейна»,

представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.11 - «Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

В центральной части Западно-Сибирского мегабассейна на территории ХМАО-Югры в настоящее время добывается около 40% российской нефти. Для поддержания запланированного в Энергетической стратегии РФ на период до 2050 года уровня добычи нефти и газового конденсата нужно обеспечивать прирост запасов углеводородов. Для решения этой задачи необходимо улучшать качество прогнозирования, поисков и разведки новых месторождений.

В современных условиях Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в связи с достаточно высокой степенью изученности территории эффективность поисковых работ снижается. Объектами поиска являются малоразмерные и малоамплитудные локальные структуры, пропущенные залежи нефти в антиклинальных и неантиклинальных ловушках. Для выявления и детального картирования этих объектов существующие геолого-геофизические методики не всегда позволяют получить требуемый результат. В связи с этим возникает необходимость совершенствования существующих, а также разработки новых методик поисков и разведки перспективных структур на основе комплексной интерпретации данных сейсморазведки и бурения скважин.

В связи с этим рассматриваемая работа, посвященная разработке комплексной методики оценки нефтегазоносности подготовленных к бурению локальных структур и позволяющая на основе учета подтверждаемости и продуктивности структур повысить эффективность геологоразведочных работ при поисках месторождений углеводородов, несомненно, является актуальной.

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Текст работы изложен на 166 страницах, включая 48 рисунков, 12 таблиц и 15 приложений. Список литературы содержит 241 наименование.

Ниже приведен краткий критический обзор работы.

Первая глава - «Геологическое строение и обзор предыдущих исследований».

Автором приведены краткие сведения по геолого-геофизической изученности рассматриваемой территории и отмечен ее достаточно высокий уровень.

В разделе, посвященном структурно-тектоническому районированию, описываются морфология и история тектонического развития Среднеобского геоблока и соседних Уренгойско-Варьеганского, Колтогорско-Александровского и Нюрольско-Юганского геоблоков. По мнению оппонента, здесь уместно было бы представить структурную карту по отражающему горизонту Б.

Анализируя нефтегазоносность территории, соискатель выделяет 4 нефтегазоносных комплекса (НГК): нижнесреднеюрский; верхнеюрский (васюганский), ачимовский (берриас-нижневаланжинский) и неокомский, характеризуя вышележащие комплексы как не содержащие «промышленно нефтеносных скоплений УВ». Однако залежи нефти в пластах АВ₁₋₃ в неосложненном неокомском нефтегазоносном подкомплексе открыты на ряде месторождений Вартовского НГР, также в Среднеобской НГО открыты залежи в пластах ПК сеноманского НГК и пласте Ю₀ баженовско-абалакского НГК (в Сургутском НГР).

Автор подробно рассматривает подходы и методики локального прогноза нефтегазоносности. При качественном и количественном прогнозе нефтегазоносности широко используются три группы методических подходов: теоретические, эмпирические и моделирование. Еще одно направление в прогнозировании нефтегазоносности при поисках месторождений нефти и газа – это оценка геологических рисков.

В двадцатом веке для прогноза нефтегазоносности активно применялись вероятностно-статистические методы, использующие регрессионный и корреляционный анализы, позволяющие выявлять зависимости между геолого-геофизическими параметрами и нефтегазоносностью. Чем больше геолого-геофизических параметров учитывается при анализе, тем надежнее будет оценка вероятности успеха поиска залежей нефти и газа. Представленная диссертационная работа развивает направление вероятностно-статистической методологии прогноза нефтегазоносности, активно развиваемое представителями Пермской нефтегазовой школы.

Глава 2 - «Надежность выделения структур в связи с результатами ГРП».

Автор отмечает неравномерность изученности территории ХМАО-Югры, выдвигает тезис о том, что наиболее изученная Среднеобская НГО остается наиболее перспективной для поиска УВ, иллюстрируя это положение тем, что специалистами НАЦ РН им. В.И. Шпильмана на этой территории в нераспределенном фонде недр выделены четыре перспективные зоны с наиболее высокой для территории ХМАО-Югры

плотностью начальных суммарных ресурсов (НСР) 136-141 тыс. т. Необходимо уточнить, что речь идет о величине геологических ресурсов нефти. Затем Илья Вячеславович высказывает неожиданную мысль о том, что «к территории Среднеобской НГО приурочен практически весь фонд перспективных объектов округа, имеющих оценку ресурсов категории D_0 (C_3)». Заметим, что на 01.01.2024 в базе данных НАЦ РН им. В.И. Шпильмана числится 850 ловушек категории D_0 , из которых всего 165 приурочено к Среднеобской НГО. Отметим, что согласно действующей с 2016 г. Классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов ловушки подразделяются на подготовленные (с оценкой ресурсов категории D_0) и локализованные (с оценкой ресурсов категории $D_{л}$). Термин «перспективные» относится к невыявленным ресурсам категории D_1 .

Существующий фонд перспективных объектов не обеспечивает прирост запасов для компенсации добычи УВ. Автор приводит ряд факторов, ухудшающих структуру фонда перспективных объектов: первоочередной ввод в поисковое бурение структур, имеющих высокую оценку ресурсов; низкая эффективность сейсморазведочных работ, не позволяющая даже на участках с высокой плотностью сети профилей локализовать весь ресурсный потенциал участка, сложности с картированием неантиклинальных ловушек.

Соискателем выполнен анализ качества подготовки структур и достоверности оценки их перспективности по пяти бывшим лицензионным участкам с целью оценки возможности паспортизации и постановки перспективных ресурсов D_0 на государственный баланс. Сделан вывод о качественном ухудшении состояния фонда перспективных структур, подготовленных к бурению сейсморазведкой.

В работе выполнен анализ результатов поискового бурения по 323 ловушкам 162 локальных структур, ранее стоявших на государственном балансе с ресурсами УВ категории D_0 (C_3). Использовались результаты интерпретации ГИС, данные по испытаниям скважин, отчеты о сейсморазведочных работах, а также паспорта локальных структур, подготовленных сейсморазведкой к бурению. По 284 ловушкам показано количественное соотношение продуктивных ловушек (35%) и ловушек с отрицательными результатами бурения (65%), с выявлением их основных причин.

Коэффициенты подтверждаемости, рассчитанные по структурам с пластово-сводовыми ловушками, для большинства НГК в основном составляют 0.58-0.78.

В современных условиях объектами поиска, в основном, являются малоразмерные поднятия с площадью 1-2 км² и амплитудой 5 – 25 м, что требует разработки новых методических приемов, технологий и совершенствования существующих геолого-геофизических методов, адаптированных к условиям высокой степени изученности.

Проанализировав предыдущие исследования по разработке методик оценки надежности подготовки структур сейсморазведкой, соискатель поставил перед собой следующие задачи: 1) оценить эффективность подготовки локальных структур сейсморазведкой МОГТ 2D; 2) проанализировать влияние параметров структур и систем наблюдений на подтверждаемость структур бурением; 3) предложить способ оценки надежности подготовки структур к бурению по комплексу геолого-геофизических параметров.

В процессе ретроспективного анализа коэффициент подтверждаемости структур (Кподтв) сопоставлялся со следующими параметрами: амплитуда структуры A , площадь структуры S , линейные размеры вдоль длинной a и короткой осей b , плотность сейсмических профилей ν и среднеквадратичная погрешность σ_H определения глубин отражающего горизонта.

Внимание оппонента привлекла зависимость между подтверждаемостью структур и плотностью сейсмических профилей: с увеличением плотности профилей величина коэффициента подтверждаемости уменьшалась, что выглядело нелогичным. Однако Ильей Вячеславовичем в работе показано, что при разделении структур на два класса (с площадью менее и более 10 км^2) это противоречие снимается.

Приведем еще одно противоречивое утверждение со стр. 66: «Точность определения глубин отражающего горизонта значительно снизилась с 28 до 1,5 метров благодаря усовершенствованным полевым сейсмическим технологиям, современной обработке данных и алгоритмическим усовершенствованиям». По мнению оппонента, более корректна формулировка «точность определения ОГ повысилась», а не снизилась; что же касается содержания - точность в 1.5 метра для сейсморазведки является недостижимой.

Для учета морфологии локальных структур дополнительно оценивалось влияние следующих параметров сети сейсмических наблюдений на подтверждаемость структур бурением: угол между длинной осью структуры и секущими ее сейсмическими профилями, средний угол между сейсмическими профилями в контуре структуры и еще ряд комплексных морфологических параметров. Рассмотрен фактор учета влияния верхней части разреза (ВЧР) на качество подготовки малоамплитудных структур.

Соискателем разработана методика оценки подтверждаемости структур, подготовленных по данным сейсморазведочных работ МОГТ 2D, учитывающая их геометрические размеры, формы, параметры систем наблюдений и комплекс установленных вероятностно-статистических зависимостей и геолого-геофизических критериев, позволяющая выполнить формализованный прогноз вероятности

подтверждаемости структур на территории центральных районов Западной Сибири с эффективностью более 80 %. В данной методике впервые используется ряд параметров: коэффициент удлинения структур; угол между длинной осью структуры и секущими профилями и угол между профилями. С целью повышения надежности прогноза рекомендуется продолжить исследования с выработкой дополнительных критериев надежности подготовки структур. Методика может использоваться в комплексной оценке перспектив нефтегазоносности структур, подготовленных сейсморазведкой МОГТ 2D и ранжировании их по степени перспективности до ввода в поисковое бурение.

Глава 3 - «Тектоника и нефтегазоносность локальных структур».

Эта ключевая для работы глава начинается с рис. 3.1 «Схема расположения локальных структур и структурная карта по отражающему горизонту «Б» на территории Среднего Приобья». Рисунок, видимо, взят из статьи, на которую стоит ссылка, и его техническое оформление затрудняет восприятие. На рисунок вынесены «глубинные тектонические разломы»: авторство разломов не указано. В дальнейшем в главе 4 говорится, что выделил их соискатель.

Для разработки методики прогноза нефтегазоносности было выбрано 266 структур, вскрытых бурением и закартированных по опорному отражающему горизонту «Б», из которых 204 – эталонные, 62 – экзаменационные, а также выделяется около 100 подготовленных сейсморазведкой локальных структур по ОГ «Б», еще не введенных в поисковое бурение. Анализ морфологии локальных структур выполнялся по трем горизонтам: Б (верхнеюрские отложения, кровля баженовской свиты), М (кровля нижнеаптских отложений), Г (верхнемеловые отложения, кровля сеномана). Учитывались площадь, амплитуда, длины короткой и длинной осей антиклинальных структур, коэффициент удлинения, оцениваемый соотношением последних, а также направление ориентировки длинной оси и расстояние от центров структур до глубинных тектонических разломов.

Произведена ранжировка структур по форме: изометричные (48), брахиантиклинальные (97) и линейные (59) и амплитуде: 129 малоамплитудных (до 8 м) и 75 высокоамплитудных.

При анализе формирования структур соискатель, в том числе, маркирует их по соотношению структурных планов в вертикальном разрезе «на погребенные, сквозные и навешанные». На стр. 94 структуры навешанного типа определяются как выраженные только по верхним горизонтам осадочного чехла и отсутствующие по нижним горизонтам и поверхности фундамента. По мнению оппонента, для описания этих структур лучше использовать более стилистически корректный и распространенный термин

«бескорневые». На рассматриваемой территории выделены 90 сквозных, 79 погребенных и 35 структур, раскрывающихся по горизонту Г.

Выполнено ранжирование структур по степени тектонической активности. В качестве количественного критерия активизации роста структур в меловой период использовался коэффициент подобия $K_{под}$, рассчитанный как отношение амплитуды, площади структур по отражающему горизонту М или Г к амплитуде, площади структур по отражающему горизонту Б. Отмечено, что высокоамплитудные структуры чаще являются сквозными, чем низкоамплитудные, которые примерно одинаково часто бывают сквозными и погребенными.

Ильей Вячеславовичем построена карта коэффициента соотношения амплитуд локальных структур по верхним меловым горизонтам (ОГ «М», «Г») к нижним юрским (ОГ «Б») (рис. 3.6), которой он иллюстрирует мысль о том, что очаги повышенных соотношений амплитуд тяготеют к выделенным глубинным разломам, в окрестностях которых наблюдается повышенная концентрация выявленных залежей УВ. Это свидетельствует о вертикальной миграции углеводородов по разломам в пластово-сводовые ловушки новообразованных структур. Рост таких структур происходил на фоне неотектонической перестройки структурных планов вследствие подвижек на границах рифтов и активизации сопутствующих разломов, формирующих складчатость в рельефе. Значительное число новообразованных структур по форме относятся к линейным, из которых 92% являются продуктивными с относительно высоким числом залежей по сравнению со структурами другой формы.

По результатам расчета коэффициента подобия $K_{под}$ соискателем построена карта плотности залежей УВ (Рисунок 3.7). Неясно, что показывает заливка карты. Шкала в правом нижнем углу содержит значения от 0 до 7000.

Анализируемая выборка структур разделена по значению $K_{под}$ на шесть классов. Автор делает вывод о том, что структуры пятого и шестого класса, которые характеризуются значениями коэффициента подобия равными $K_{под} = 0,8-0,99$ и более 1,0, являются поднятиями сквозного или навешанного типов, могут быть отнесены к новообразованным структурам, тяготеют к зонам тектонических нарушений. Больше половины структур данных классов относятся к линейным, и среди них максимальный процент новообразованных с высокой продуктивностью.

Отталкиваясь от тезиса о том, что существенным критерием перспектив нефтегазосности площади является наличие тектонических разломов, автор, не вдаваясь в детали, пишет, что «на основе результатов интерпретации магниторазведки, гравиразведки и сейсморазведки уточнил и закартировал глубинные тектонические

разломы» на исследуемой площади. Приводится ссылка на опубликованную статью. В приложениях I-L приведены примеры выделения разломов на разных площадях. По мнению оппонента, представленные фрагменты карт «прослеживания осей аномалий магнитного поля с выделением тектонических разломов» не дают однозначного понимания того, как закартированы эти глубинные тектонические разломы, почему они секут некоторые аномалии магнитного поля. Оппонент не может полностью согласиться с тем, что на представленных на рис. 3.15 картах градиентов магнитного и гравитационного полей «разрывные нарушения хорошо прослеживаются». В качестве примера отметим разлом в виде рогатины в центре исследуемой территории на севере Федоровского месторождения.

Проанализировав предложенные предшественниками методики оценки продуктивности структур, соискатель предлагает показатель комплексной продуктивности ПРк, учитывающий пять факторов, которые перечислены далее. Это зависимость от удаления до глубоких тектонических разломов ПРразл и зависимость от морфологии структур, включающая форму ПРф, амплитуду ПРА, площадь ПРС и направление ориентировки длинных осей ПРО.

Вышеперечисленные показатели продуктивности рассчитывались отдельно для линейных, брахиантиклинальных и изометричных структур.

По приведенным результатам классификации вероятность прогноза превышает 70% как для эталонных, так и для экзаменационных структур.

Таким образом, разработанная методика оценки нефтегазоносности с учетом комплекса вероятностно-статистических зависимостей и критериев впервые позволяет дать формализованный прогноз продуктивности структур, в том числе малоамплитудных, широко распространенных в центральных районах Западной Сибири. В разработанной методике впервые учитывается в комплексе с другими морфологическими показателями параметр ориентации по направлению длинных осей структур. Разделение значительного массива подтвержденных бурением локальных структур по морфологическим классам в зависимости от степени удлиненности впервые предоставило возможность формализовать прогноз продуктивности по параметрам отдельно для каждого класса, исходя из специфики тектонического строения, и позволяет дать предварительную оценку перспектив нефтегазоносности до постановки бурения.

Глава 4 – «Комплексный прогноз перспектив нефтегазоносности структур»

Автор ставит перед собой задачу разработки методики оценки нефтегазоносности локальных структур, подготовленных к бурению сейсморазведкой МОГТ 2D в центральных районах Западной Сибири, позволяющей с учетом подтверждаемости и

продуктивности структур повысить эффективность ГРП при поисках месторождений УВ. Для этого им была сформирована выборка из 100 эталонных разбуренных локальных структур, ранее подготовленных сейсморазведкой МОГТ 2D по опорному отражающему горизонту Б в период 1975 – 2021 годов, с полной оценкой всех геолого-геофизических параметров, представленная в приложении Р. Предложен комплексный показатель перспектив нефтегазоносности структуры ПРН, являющийся произведением двух величин

$$\text{ПРН} = \text{Рподтв} * \text{ПРк},$$

где Рподтв – вероятность подтверждаемости структуры по данным сейсморазведки, д. ед., ПРк – показатель комплексной продуктивности структуры, д. ед.

Для оценки показателя вероятности подтверждаемости структуры Рподтв эталонная выборка была разбита на 2 класса по величине площади ($S \leq 10 \text{ км}^2$ и $S > 10 \text{ км}^2$). Процедура получения формул прогноза подтверждаемости структур Рподтв была рассмотрена в разделе 2.6 второй главы.

По величине коэффициента удлинения Кудл локальные структуры были разделены на три класса:

- изометричные структуры (купола), $1 < \text{Кудл} < 2$;
- брахиантиклинальные структуры, $2 \leq \text{Кудл} < 3$;
- линейные структуры, $\text{Кудл} \geq 3$.

Для разделения эталонных структур на нефтегазоносные (продуктивные) и «пустые» без притока УВ в скважинах по комплексу параметров морфологии структур и удалений от глубинных тектонических разломов в каждом классе формы удлиненности с учетом установленных граничных значений по формуле выполнялся расчет показателя комплексной продуктивности ПРк (Раздел 3.4 третьей главы).

Пороговым для вероятности подтверждаемости структуры выбрано значение 0.5, для комплексного показателя продуктивности 0.68-0.76 (в зависимости от класса формы удлиненности). Таким образом, пороговые значения для комплексного показателя перспектив нефтегазоносности структуры составляют 0.34-0.38.

Эффективность прогноза для продуктивных структур составляет 47-68%, для «пустых» неподтвержденных бурением структур – 75-90%.

Разработанная автором методика комплексного прогноза перспектив нефтегазоносности структур была применена к выборке из 98 структур, подготовленных к поисковому бурению, с ресурсами УВ, оцененными по категориям D₀ и D_л, относящимися к отложениям юры и нижнего мела. По степени перспективности структуры распределены на 26 высокоперспективных, 26 перспективных и 46 неперспективных.

11 наиболее высокоперспективных структур по форме являются линейными антиклинальными складками и расположены вблизи глубинных тектонических разломов, на расстояниях от 1.7 до 7 км. Величина комплексного показателя перспектив нефтегазоносности ПРН по ним изменяется от 0.75 до 0.80, амплитуда и площадь, соответственно, в диапазоне 18-27 м и 3.5-29 км². Большая часть неперспективных структур удалена от глубинных разломов на расстояния в среднем около 14 км.

Разработанная соискателем комплексная методика оценки нефтегазоносности структур на основе учета комплекса геолого-геофизических параметров и критериев их подтверждаемости и продуктивности позволяет ранжировать объекты (структуры), по степени перспективности, что позволит избежать или существенно сократить риск разбуривания малоперспективных объектов, повысить эффективность геологоразведочных работ и обеспечить прирост запасов промышленных категорий. Построенные вероятностно-статистические модели и критерии прогноза нефтегазоносности структур могут служить теоретической основой при разработке новых методов локального прогноза в центральных районах Западной Сибири.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенный выше критический разбор и высказанные замечания не умаляют качество рассматриваемой работы, достоинства которой очевидны и не вызывают сомнения.

Рассматривая работу в целом, следует отметить, что диссертация Касьянова Ильи Вячеславовича является законченной научной квалификационной работой, которая посвящена решению актуальной задачи, обладает научной новизной, содержит новые методические приемы и позволяет повысить достоверность комплексной оценки нефтегазоносности структур, подготовленных сейсморазведкой МОГТ 2D к глубокому бурению.

Значимость полученных соискателем результатов заключается в повышении эффективности геологоразведочных работ на углеводородное сырье, обеспечении высоких приростов запасов нефти на территории Среднеобской нефтегазоносной области и прилегающих территорий.

Автореферат по своей структуре и освещению разделов соответствует содержанию диссертации. По проблеме оценки перспектив нефтегазоносности локальных структур, подготовленных сейсморазведкой к бурению, И.В. Касьяновым опубликована 21 статья, в том числе 9 статей в изданиях, рекомендованных ВАК. Список публикации, приведенный в автореферате, в полной мере отражает вклад автора в разработку методики оценки

перспектив нефтегазоносности локальных структур, подготовленных сейсморазведкой к бурению. Материалы, положенные в основу научных исследований, прошли апробацию в виде 9 докладов на всероссийских и региональных научных и научно-практических конференциях и семинарах.

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

Кандидат геолого-минералогических наук
(специальность 25.00.12 - Геология, поиски и разведка
нефтяных и газовых месторождений)
заведующий отделением геологии
АУ ХМАО-Югры
«Научно-аналитический центр рационального
недропользования им. В.И. Шпилльмана»
625026, Россия, Тюмень, ул. Малыгина, 75, а/я 286
Раб. тел. (3452)404708
e-mail: oksenoyd@cr.ru

Е.Е. Оксенойд

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

