УДК 550.830

А.П. Петровский [1,2], Т.А. Федченко [1,2], Г.И. Облеков [3], И.И. Полын 4, А.А. Нежданов [5], В.В. Огибенин [5]
[1]Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск,
[2]НТФ «БИПЕКС Лтд.», Ивано-Франковск, Украина, alexbip@optima.com.ua
[3]ООО «Газпром добыча Надым», Надым,
[4]ЗАО «Гравиразведка», Москва,
[5]ООО «ТюменНИИгипрогаз». Тюмень, Россия, ogibenin@tngg.info

ОПТИМАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ НАДЫМ-ПУРСКОГО НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО РАЙОНА

В последние годы в практике проведения поисково-разведочных работ на нефть и газ наметился кризис, связанный с существенным понижением их конечной геологической эффективности. Анализируя причины такого кризиса, как одну из основных, можно указать на существующее противоречие между требованием регионального и локального прогнозирования перспектив нефтегазоносности, которые ставятся современной практикой нефтегазопоисковых исследований и интерпретационными возможностями фактически используемых геологических и геофизических исследований.

В первую очередь этот кризис касается наиболее распространенного в практике геологоразведочных работ – сейсмического метода. Как следует из реальных условий применения, наиболее результативным сейсмический метод является при решении задачи изучения структурных особенностей и выделения разрывной тектоники, что обеспечивается как применением детальных профильных-2D, так и пространственных–3D систем наблюдений. Однако решение указанной задачи даже в случае выделения перспективных в структурно-тектоническом отношении объектов ни в коем случае не дает ответа на основной вопрос о положении участков геологического разреза с улучшенными коллекторскими свойствами и тем более о характере насыщения закартированных объектов.

Не секрет, что на протяжении нескольких десятилетий в практике проведения сейсморазведовательных работ разрабатываются подходы, нацеленные на решение этой важной проблемы:
– сейсмостратиграфическое прогнозирование геологического разреза; – прогнозирование геологического разреза на основе анализа динамических особенностей сейсмической записи; – оценка упругих особенностей отражающих горизонтов на основе инверсии сейсмическое записи и анализа амплитуды отраженных волн при различных – достаточно больших углах отражения. Каждое из приведенных направлений имеет свои положительные стороны, которые хорошо отражены в имеющихся публикациях.

Однако, существующая проблема низкой конечной эффективности поисковоразведочного бурения свидетельствует об их ограниченных возможностях. Среди которых наиболее существенным является использование качественных – не вполне формализованных, формально математических (статистических) критериев, связывающих особенности сейсмической записи и геологических параметров.

Так сейсмостратиграфические построения указывают на наличие неоднородности в волновом поле, которые лишь в условиях корректной миграции могут быть отождествлены с неоднородности в реальной среде. Часто используемые динамические характеристики волнового поля, такие как мгновенные фазы, частоты и т.д. также отображают лишь изменение математических характеристик аналитического сигнала, и с изменением реальных физических свойств, связаны настолько сложным законом, что попытки заменить его статистическими зависимостями настраиваемыми по скважинным данным, в том числе и с использованием нейронных сетей, не дают ожидаемого положительного результата.

Какой же выход из сложившейся ситуации?

Обратимся к истории развития других геофизических методов, такого например как гравиразведка, для которого кризис несоответствия между геологическими требованиями и интерпретационными возможностями наступил гораздо раньше – 70-80 годы прошлого столетия в период интенсивного развития сейсмического метода, связанного с внедрением метода общей глубинной точки. Несомненно, что с тех пор гравитационный метод не стоял на месте и усилия ученых были направлены на поиск пути преодоления этого кризиса. Анализируя результаты проведенных исследований можно с уверенностью утверждать, что основным результативным направлением стало развитие методов геоплотностного моделирования реальных геологических разрезов предусматривающих использование сложных геологически содержательных многопараметрических моделей и адекватных методов решения прямых и обратных задач гравиразведки, и в первую очередь для пространственных 3D моделей. Основной проблемой, которую необходимо было преодолеть – была существенная некорректность обратных задач гравиметрии, которая в первую очередь проявлялась в их неоднозначности. Осознание и понимание этой проблемы привело к выводу о том, что для обеспечения повышения интерпретационных возможностей гравитационного метода до уровня современных геологических требований, следует отказаться от традиционного представления о возможности решения геологических задач в рамках локального использования только гравиметрического метода. А в противовес этому, необходимо перейти к активному привлечению в схемы автоматизированной интерпретации гравиметрических данных комплекса других геолого-геофизических сведений (Кобрунов А.И. 1974-1985).

Основываясь на этом положительном опыте, а также принципах диалектического развития систем, можно указать два направления преодоления кризиса информативности интерпретационного обеспечения сейсморазведки и геофизики в целом:

1. Развитие новых сейсмических и математических моделей описания реальной геологической среды и в рамках этих моделей методов решения прямых и особенно обратных кинематических и динамических задач сейсморазведки. Здесь следует вспомнить уже сейчас активно разрабатываемые методы моделирования волновых полей, методы инверсии сейсмических данных, а также указанное нами направление по анализу зависимости амплитуды отраженных волн в зависимости от угла падения на отражающую границу (AVO – анализ). Для успешной реализации потребуется 3 -5 лет.
2. Расширение интерпретационных возможностей отдельно взятых геофизических методов в рамках существующих интерпретационных возможностей на основе их интегрального (комплексного) использования, где за счет уникальных особенностей каждого из методов обеспечивается общее повышение интерпретационных возможностей как каждого из них так и всего комплекса в целом. Именно это направление следует рассматривать как наиболее перспективное, которое уже сейчас может обеспечить переход на существенно новый уровень эффективности извлечения геологически содержательной информации из всего имеющегося комплекса геолого-геофизических данных.

Рассмотрим более подробно возможности реализации этого направления для решения нефтегазопоисковых задач. В общем комплексе геологоразведочных работ нацеленных на изучение нефтегазоперспективных разрезов можно выделить три основные задачи:

1. Региональный прогноз перспектив нефтегазоносности – нацеленный на выяснение основных геодинамических закономерностей глубинного строения и выявления условий формирования и накопления скоплений углеводородов.
2. Локальный прогноз перспектив нефтегазоносности – обеспечивающий выделение, локализацию и детальное описание локальных объектов, приуроченных к региональным нефтегазоперспективным отложениям.
3. Дистанционный геофизический контроль (мониторинг) за разработкой нефтяных и газовых месторождений, а также режимами работы подземных газохранилищ – контроль за направлением извлечения запасов и заводнением залежей, которые находятся в разработке.

Решение каждой из этих задач имеет свои особенности, но для их успешного решения следует использовать принцип системного геолого-геофизического моделирования. Использование этого принципа приводит к последовательности согласованных разномасштабных геолого-геофизических моделей, для которых процесс корректного определение их параметров идет от общего к частному, что в свою очередь обеспечивает непротиворечивое и эффективное решение всех трех сформулированных задач.

Несомненно, основным элементом на пути изучения нефтегазоперспективных территорий и структур, являются необходимые геолого-геофизические данные для совокупности которых можно выбрать и обосновать оптимальный комплекс геолого-геофизических исследований.

Так решение первой задачи должно базироваться на всем имеющемся комплексе региональных геолого-геофизических сейсмических, гравиметрических (М 1:200000-1:100000 и крупнее), аэромагнитных (М 1:100000-50000), аэрогеохимических исследованиях и промыслово-геофизических данных полученных в результате опорно-параметрического бурения и петрофизических зависимостях для скоростных и плотностных свойств геологического разреза.

Решение второй задачи должно базироваться на региональной пространственной геолого-геофизической модели и всем имеющемся комплексе геолого-геофизических исследованиях, а именно: – детальных профильных и площадных сейсмических, площадных гравиметрических (М 1:50000-1:25000), наземных геохимических данных, а также промыслово-геофизических и промысловых данных, полученных в результате разведочного бурения, детализированные для различных геотектонических зон петрофизические зависимости для скоростных и плотностных свойств.

Третья задача относиться к наиболее сложному и ответственному этапу детального изучения внутреннего строения и состояния среды. Для ее решения необходимы детальные площадные – 4Д сейсмические и гравиметрические (М 1:10000-1:5000) данные, промыслово-геофизические и промысловые данные, полученные в результате разведочного и эксплуатационного бурения; – петрофизические зависимости для скоростных и плотностных свойств, полученные в результате анализа отобранных образцов керна и данных ГИС.

Приведенный оптимальный комплекс геолого-геофизических данных сам по себе еще не обеспечивает успешное решение поставленных задач. Здесь важна методология использования этих комплексов при проведении их интегральной интерпретации. Как уже отмечалось, суть этой методологии состоит в построении взаимозависимой системы разномасштабных физико-геологических структурных макромоделей и микромоделей непрерывного распределения физических свойств (Петровский А.П. 1997-2006 г.), которые создают геофизические поля максимально близкие к зарегистрированным и соответствуют всему комплексу дополнительных геолого-геофизических данных.

При формулировании геологических задач и содержании оптимальных комплексов основной упор сделан на активное комплексирование сейсмогравиметрической информации, что обусловлено во первых, различием в физических принципах, положенных в основу методов, во вторых, адекватным представлением структурных и тектонических особенностей глубинного строения геологического разреза в результатах интерпретации сейсмических данных, в третьих, возможностью проверки адекватности физико-геологической геоплотностной модели измеренному гравитационному полю и указания направления ее изменения, оптимального с точки зрения имеющегося комплекса сейсмических и других дополнительных геолого-геофизических данных и в четвертых, фактической зависимостью между степенью перспективности – улучшения коллекторских свойств и нефтегазонасыщения отложений и степенью их разуплотнения. Так, при всех равных условиях, чем больше коэффициент пористости и (или) коэффициент нефтегазонасыщения порового пространства тем меньше средняя плотность породы.

Все описанные факты послужили геолого-методическим и математическим обоснованием разработки и применения «Технологии интегральной интерпретации комплекса геолого-геофизических данных для поисков и разведки месторождений нефти и газа» (НТФ «БИПЕКС Лтд.» Петровский А.П. 2006 г.), которая предполагает создание согласованных с сейсмическими, сейсмостратиграфическими, скважинными, магнитометрическими и гравиметрическими данными пространственных геоплотностных моделей с выделением в пределах этих моделей участков понижения плотности с их последующей интерпретацией в качестве участков развития пород коллекторов.

Указанная технология нашла широкое применение для изучения нефтегазоперспективных территорий и локальных объектов для ООО «Газпром Надым» на территории Надым-Пурского нефтегазопомыслового района (НДПНГПР), Приобской зоны и полуострова Ямал. Особенностью НДПНГПР является то, что в результате бурения поисковых и разведочных скважин кроме уже открытых месторождений зафиксировано большое количество нефте, газо и газоконденсато проявлений приуроченных

практически ко всему разрезу – от палеозойского комплекса, где скважинами подтверждено наличие кор выветривания до сеномана в пределах которого открыты крупные газовые месторождения.

В связи с необходимостью обобщения всех разрозненных геолого-геофизических и промысловых данных и обоснования первоочередных направлений нефтегазопоисковых работ проведено обобщение геолого-геофизических материалов и создана единая пространственная интегральная сейсмогравитационная модель. Построенная модель базируется на сводных дизъюнктивных структурных картах по основным отражающим сейсмическим горизонтам: – кровля сеноманского яруса (Г); – кровля углистой пачки вверху апта (М'); – шельфовые отложения, валанжина (БН9-2(БУ8-0)); – условная кровля ачимовских отложений (Ач); – кровля баженовской свиты (Б); – в кровле тюменской свиты (U2); – кровля палеозойского фундамента (А), первичном сейсмостратиграфическом прогнозе распространения коллекторов выполненном в пределах отдельных лицензионных участков (Нежданов А.А., Огибенин В.В. 2000-2007г.) по различным литолого-стратиграфическим уровням, информации о характере поведения литолого-стратиграфических характеристик и физических свойств горных пород, нефтегазопромысловой информация о продуктивности скважин, а также площадном аномальном гравитационное поле в редукции Буге масштаба 1:25000, 1:50000 и 1:100000 (в зависимости от фактической изученности).

Созданная пространственная интегральная геоплотностная модель занимает общую площадь 30 тис.км^2 и освещает геологический разрез от поверхности до глубины 15 км. Модель представлена в виде трехмерной совокупности из 36 млн. блоков размером 500x500 по площади и 50 м по глубине. Геологически обоснованные геоплотностные свойства в каждом из 36 млн. блоков определены в результате решения пространственной линейной обратной задачи интегральной интерпретации гравиметрических данных представленной в виде системы из 120 тис. Уравнений с 36 млн. неизвестных. В результате решения обратной задачи достигнута среднеквадратическая отклонение между рассчитанным и исходным гравитационными полями 0,019 Гл.

На основе анализа характера поведения геоплотностных свойств для каждого из выделенных нефтегазоперспективных комплексов построены прогнозные карты развития зон понижения плотности к которым приурочены участки развития коллекторов и потенциальные ловушки нефти и газа. Положение спрогнозированных зон, как по площади, так и по глубине заверено результатами опробования поисково-разведочных скважин с которыми оно хорошо согласуется.

Полученные результаты позволили наметить и обосновать первоочередные направления и объекты для постановки детальных сейсморазведочных работ и поисковоразведочного бурения.