

ЦИФРОВАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КРУПНЫХ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ

А.А. Ахапкин, Я.И. Штейн (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

В настоящее время в мире осталось не так много территорий, не изученных на предмет наличия месторождений нефти и газа. Те крупные континентальные месторождения, которые были открыты ранее, в настоящее время уже или выработаны, или находятся в режиме падающей добычи, в том числе на заключительной стадии разработки. Пока не востребованы лишь объекты с небольшими запасами или со сложными горно-геологическими условиями залегания продуктивных пластов. Что касается морских объектов, то разведка и разработка месторождений в акваториях давно уже не является уникальной. Со времен первых промыслов на шельфе Каспийского моря в начале XX в. эта индустрия получила большое развитие, и сейчас западные компании, достигнув высокого технологического уровня работ, ведут активные поисково-разведочные работы в шельфовой зоне и на континентальном склоне при глубинах моря свыше 1500 м.

Россия обладает самым большим арктическим шельфом – его общая площадь составляет более 6 млн км², а перспективная – не менее 5 млн км² [1]. Однако за исключением Баренцева и отчасти Карского морей акватория арктического шельфа России практически не исследована.

Понятно, что ввиду обширности данной территории трудно, а, скорее всего, и невозможно сразу охватить ее всю поисково-разведочными работами. Это не удалось сделать во времена СССР, когда на геолого-разведочные работы (ГРР) выделялись весьма значительные средства, это тем более невыполнимо в современных условиях.

Задача оценки ресурсного потенциала больших регионов и акваторий и выделения первоочередных перспективных участков стоит в настоящее время не менее остро, чем раньше. Для ее решения необходимо наметить наиболее перспективные, с точки зрения нахождения ловушек, районы и с них начать работы. Также очень существенную помощь может оказать увязка поисково-разведочной информации по исследуемому региону с материалами по хорошо изученным площадям. Для решения задачи выбора перспективных участков значительную помощь может оказать создание региональной геологической модели, аккумулирующей на единой географической основе всю имеющуюся (или доступную) по региону геолого-геофизическую информацию и гипотетические представления исследователей о геологическом строении территории. К сожалению, существующие сейчас программы бассейнового моделирования требуют для корректной работы значительного количества объективной исходной информации, которой по малоизученным регионам обычно недостаточно. Финальные же результаты бассейнового моделирования носят, как правило, региональный характер и направлены на исследование региональных путей миграции углеводородов (УВ) и прогнозирование вероятной локализации ловушек. Кроме того, эти программы не обладают необходимым развитым инструментарием для структурного моделирования, локальной детализации моделей ФЕС коллекторов, оценки площадей и объемов. Исходя из этого, наиболее оптимальным инструментом в принятии решений по выбору первоочередных районов работ, по нашему мнению, является региональная геолого-геофизическая модель.

Как известно, цифровые объемные геологические модели нашли широкое применение при корректной оценке ресурсов УВ, подсчете запасов УВ месторождений, характеризующихся значительной неоднородностью резервуара, а также для последующего гидродинамического моделирования процессов течения в залежах и проектирования разработки месторождений. Методы, используемые при моделировании отдельных месторождений, применимы и для создания моделей крупных региональных блоков, в том числе анализа геологического строения, изучения закономерностей формирования залежей и на основании построенной геологической модели – оценки ресурсного углеводородного потенциала локальных структур или всего региона.

Кроме того, в последнее время все большую актуальность приобретает комплексная переобработка и переинтерпретация ранее полученного геолого-геофизического фактического материала. За последние десятилетия появились новые высокоэффективные методики обработки геологической информации, а суть проводимых исследований по получению первичного материала в основе своей осталась неизменной. Как показывает опыт авторов по работе с морскими объектами, переоб-

работка и переинтерпретация первичных материалов сейсморазведки способны весьма существенно увеличить объем геологических знаний об исследуемом месторождении без дорогостоящего бурения новых разведочных скважин.

Однако при решении стоящих перед исследователями задач регионального моделирования возникает ряд трудностей [2]. Возможные проблемы, с которыми придется столкнуться, можно разделить на две основные группы:

- проблемы сбора данных и их использование;
- технико-технологические проблемы [3].

Основной **проблемой при сборе данных** являются полнота и качество (сохранность) первичного фактического материала. Как правило, материалы чрезвычайно разрознены и обрывочны. Они были получены разными исполнителями, в разное время, с помощью различных методик и технологий. Организации, проводившие в советское время различные виды съемочных, геофизических и буровых работ, преобразованы в различные коммерческие структуры или вовсе прекратили свое существование. Очень большой объем фактического материала утрачен либо не систематизирован.

Помимо этого, существуют трудности использования собранных геолого-геофизических данных. Полнота, качество и форма представления таких материалов нередко вызывают определенные трудности. Чаще всего в отчетах содержатся уже обработанные и проинтерпретированные данные, а также сделанные на их основе выводы. Первичный материал в этом случае чаще всего недоступен. Кроме того, в настоящее время нет методик, использование которых помогло бы в интерпретации старых и, зачастую, недостаточно кондиционных сейсмических материалов.

Технико-технологические проблемы заключаются в отсутствии средств для чтения магнитных лент и других носителей старых форматов, а также в физических возможностях рабочих станций и ограничениях специализированных программных продуктов при работе с такими большими объемами данных. В тех случаях, когда удастся приобрести кондиционный первичный материал, можно получить приемлемый результат при значительной экономии времени и средств.

В 2010–2011 гг. специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» совместно с учеными ОАО «СибНАЦ» была впервые проведена работа по построению единой цифровой модели геологического строения и нефтегазоносности Ямальского региона на основе переинтерпретации геофизических и геологических материалов (рис. 1).

При построении данной модели был максимально задействован весь доступный фактический материал. Данные сейсморазведки на этапе моделирования применялись в виде результатов интерпретации после взаимной увязки и глубинного преобразования. В работе были использованы три основных типа данных:

- региональная опорная сеть 2D профилей масштабов 1:1 000 000 и 1:500 000;
- участки детальных сейсмических съемок 2D на открытых месторождениях и первоочередных перспективных структурах масштабов 1:100 000 и 1:200 000;
- результаты интерпретации материалов детальных 3D сейсмических съемок на разведываемых месторождениях.

Этапу моделирования предшествовали: переобработка разнородной сейсморазведочной информации разных лет в согласованных графах для целей единой интерпретации сейсмических данных по всему региону, регуляризация сейсмических съемок на перекрывающихся площадях, а также увязка морских и сухопутных профилей.

В целом при построении структурных поверхностей по отражающим сейсмическим горизонтам из разнородных по детальности и разномасштабных исходных материалов использовался принцип «от общего к частному» с привлечением всей возможной исходной информации. На региональную мелкомасштабную структурную основу накладывались более крупномасштабные (и более свежие по времени создания) участки. Структурная основа увязывалась с региональной сетью сейсмических профилей, охватывающей все исследуемые акватории и выходящей на сушу. Описанный подход позволил сохранить детальность на относительно хорошо изученных участках и связать построения по суше и акваториям в непротиворечивую картину. Необходимо отметить, что в итоге структурный каркас региональной модели содержит и слабоизученные участки, построенные схематично (из-за отсутствия первичных материалов) и требующие дальнейшей детализации. Особое внимание при построении структурных поверхностей по отражающим сейсмическим горизонтам уделено

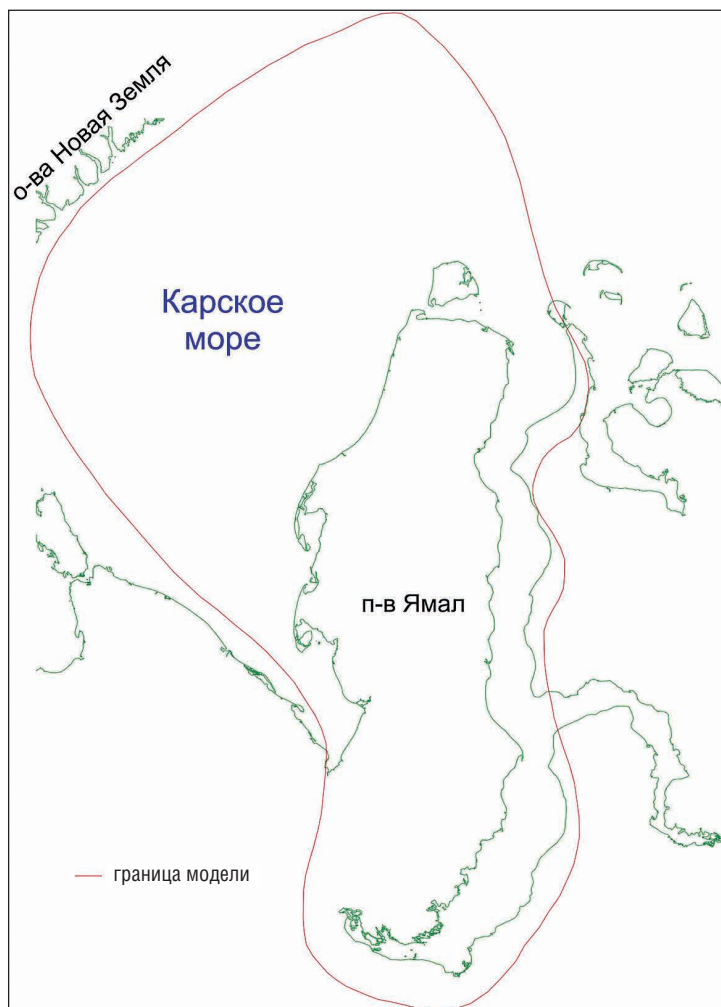


Рис. 1. Зона построения региональной модели

сохранению морфологии выявленных перспективных структур и оконтуренных залежей открытых месторождений.

С использованием описанной ранее методики построены структурные карты по опорным отражающим горизонтам осадочного чехла и поверхности кристаллического фундамента, которые составляют структурную основу каркаса цифровой региональной геолого-геофизической модели изучаемой территории. Пример построения структурной карты по одному из горизонтов, позволяющий оценить детальность структурных построений, приведен на рис. 2.

Каждая построенная опорная структурная поверхность увязана с отметками пластопересечений в скважинах. Кроме того, в модель были введены результаты интерпретации геофизических методов в скважинах в виде попластовых разбивок с вычисленными значениями основных фильтрационно-емкостных свойств.

На основе данных межскважинной корреляции разрез осадочного чехла изучаемой территории разделен на крупные зоны и интервалы, соответствующие региональным осадочным комплексам. Далее выполнена точная привязка полученных промежуточных стратиграфических границ по отметкам пластопересечений в скважинах. Нижней границей модели является акустическая поверхность фундамента (А), соотнесенная с региональной эрозионной поверхностью, на которую с угловым несогласием накладываются породы осадочного бассейна (рис. 3). При построении поверхности акустического фундамента, отождествляемого со складчатым палеозойским основанием, помимо сейсмических данных использованы результаты интерпретации магнитных и гравитационных полей.

Вышележащие пласты смоделированы по принципу конформного заполнения осадочно-породного бассейна с прилеганием в краевых зонах к наклонной эрозионной поверхности основания.

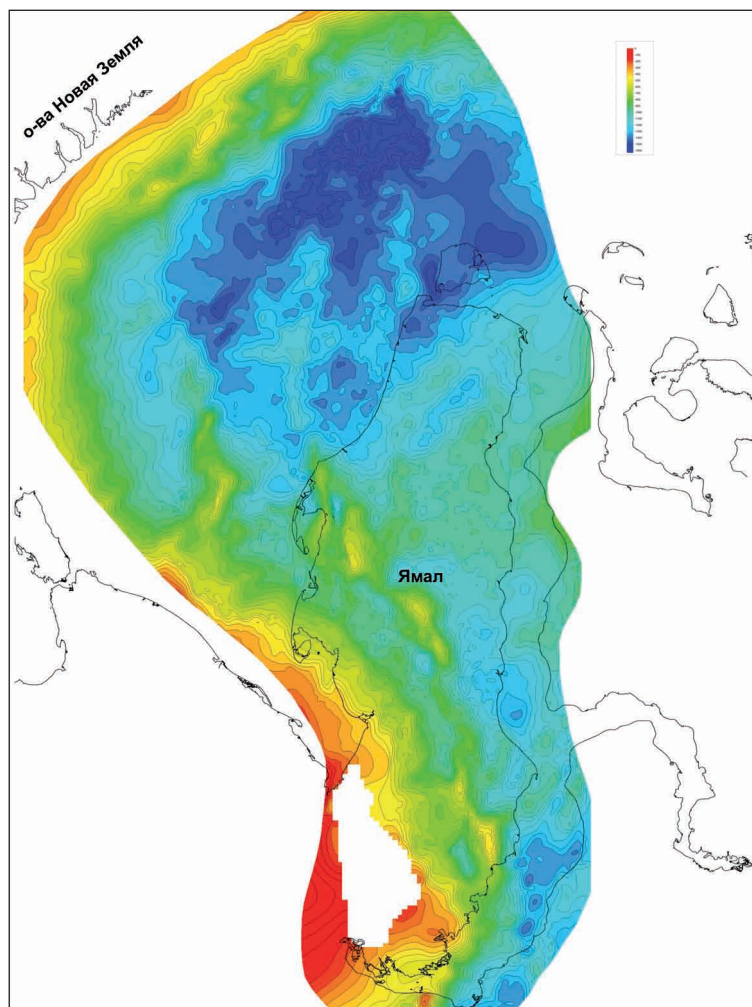


Рис. 2. Структурная карта по отражающему горизонту *G*

Верхние горизонты срезаны современной поверхностью дна моря в мелководных краевых частях акватории. В меловом осадочном разрезе выделены региональные преимущественно песчаные и преимущественно глинистые пачки. Нижележащий разрез разделен на более крупные стратиграфические зоны. В силу крайне незначительного количества морских скважин и слабой изученности глубоких горизонтов бурением решено не делать более дробного деления получившихся осадочных комплексов.

Латеральное разрешение структурного каркаса модели принято с размером ячейки 500×500 м с преимущественной ориентировкой граней в широтном и меридиональном направлениях. Это позволило получить структурные карты масштаба 1:200 000 в требуемом разрешении, 3D грид модели построены в единой системе прямоугольных координат.

На следующем этапе производилось формирование моделей свойств осадочных пород разреза путем заполнения ячеек трехмерного грида соответствующими атрибутами. По идеологии построения геологической модели в качестве первичной переменной при моделировании свойств пород всегда используются скважинные данные как наиболее достоверные и детальные. Однако при недостатке первичной скважинной информации по акваториальным частям исследуемого региона прогнозирование свойств было произведено преимущественно на основе сейсмических атрибутов: средней интервальной скорости и амплитуды. Сейсмические атрибуты были использованы наряду с прогнозными региональными мелкомасштабными картами параметров из фондовых источников и картами региональных трендов в качестве переменных в алгоритме совместного ко-кригинга. На рис. 4 представлен срез модели по свойству песчаности.

Завершающим этапом описанной выше технологической цепочки стало выделение локальных нефтегазоперспективных структур (рис. 5). После определения их площади и насыщения фильтрационно-

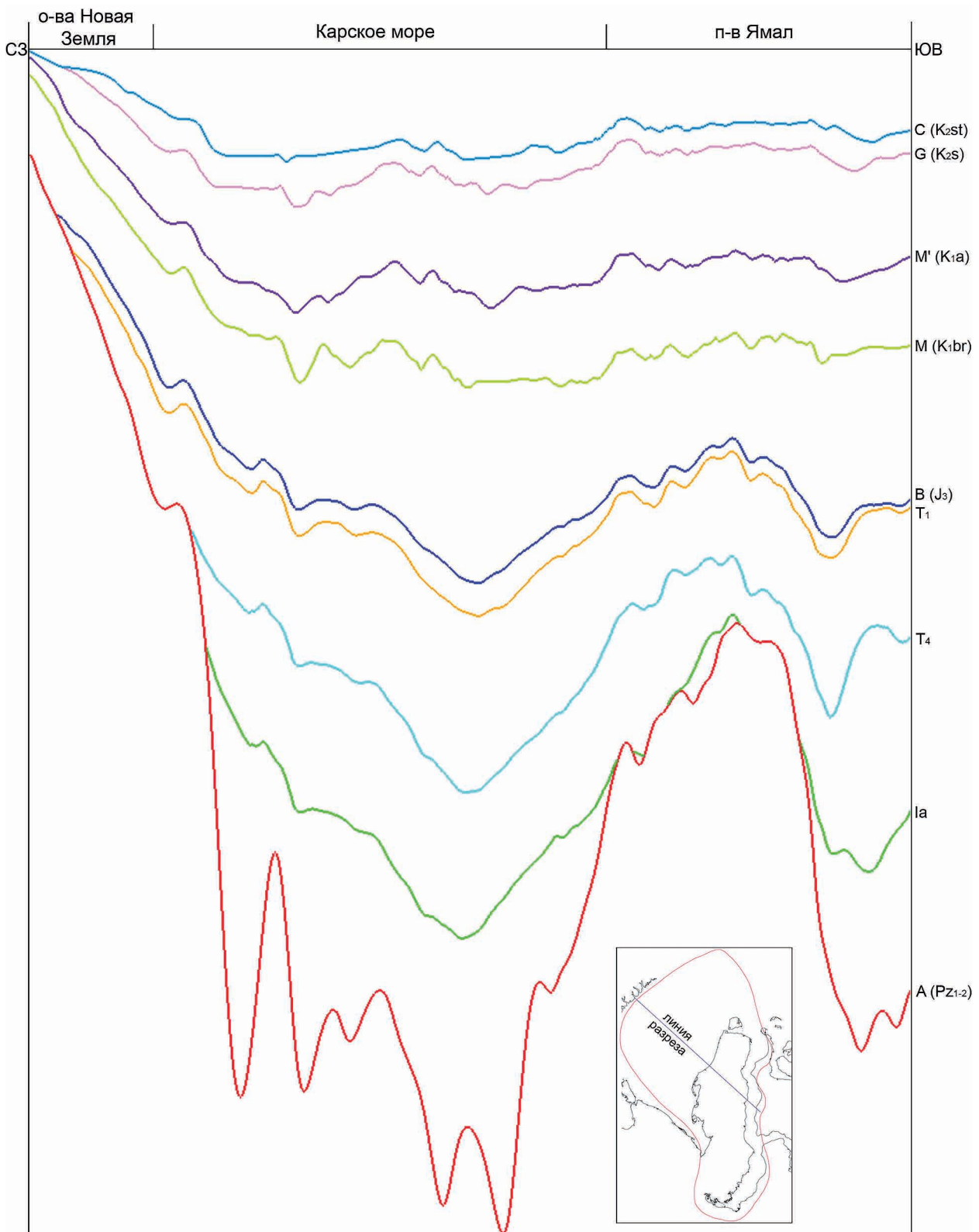


Рис. 3. Разрез структурного каркаса модели

емкостными свойствами с эталонных участков стало возможным вычисление величины ресурсов по различным категориям.

Помимо весьма актуальной и достаточно очевидной задачи прогнозирования и поиска новых месторождений углеводородного сырья опыт регионального моделирования будет весьма полезен

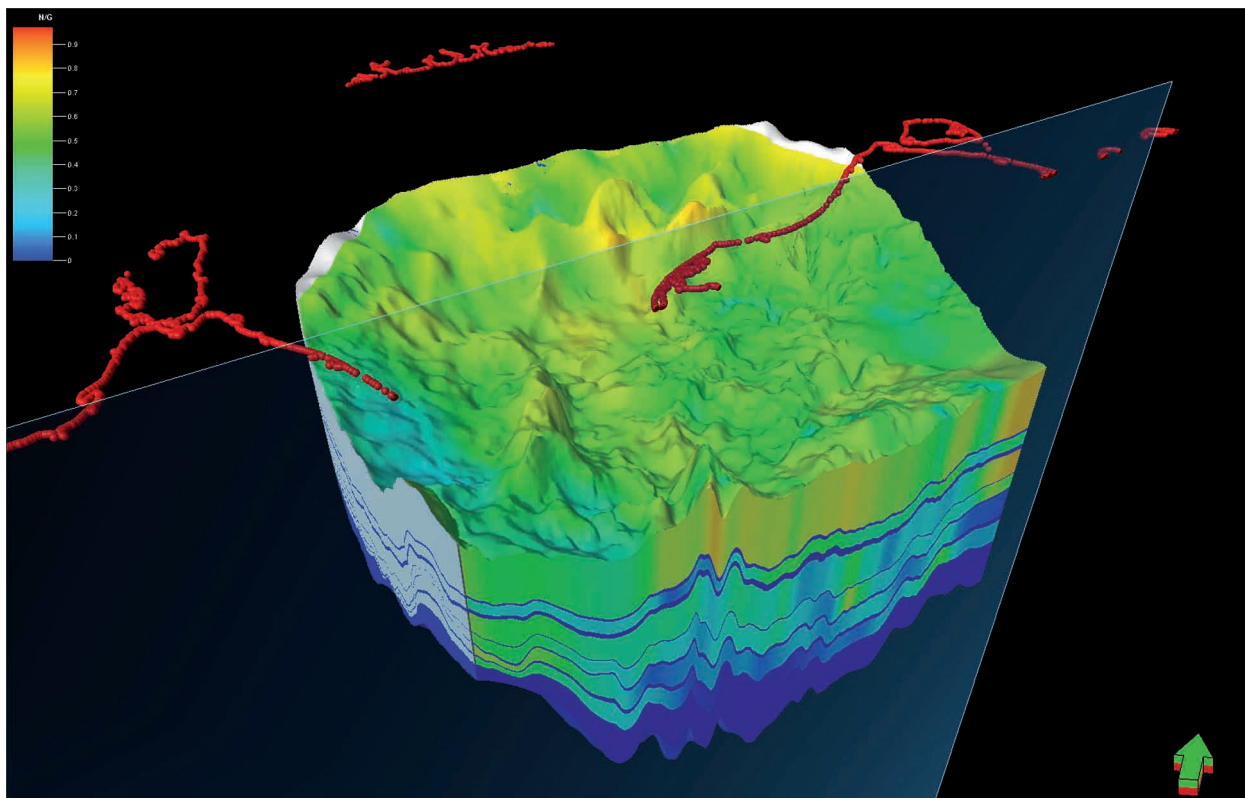


Рис. 4. Срез объемной модели осадочной толщи по свойству песчаности

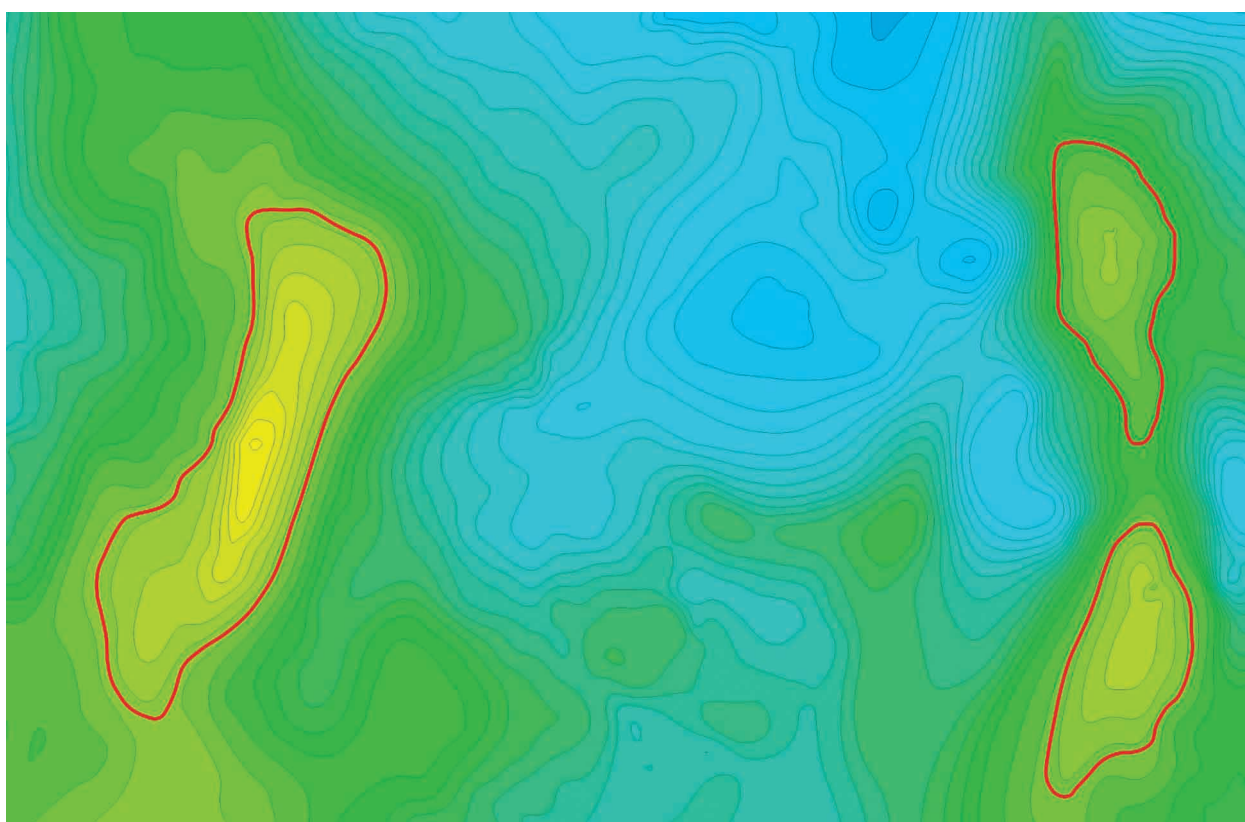


Рис. 5. Выделение перспективных структур

и на следующей стадии геолого-разведочных работ. Выявление региональных закономерностей позволит более рационально планировать разведку уже выявленных месторождений. Привлечение региональной информации даст возможность спроектировать разведочную сеть наиболее рационально и сосредоточить усилия на локальных осложняющих факторах геологического строения изучаемых залежей и перспективных структур. В ряде случаев это сэкономит материально-технические ресурсы на бурение дополнительных разведочных скважин на относительно простых объектах.

Выработка грамотной и рациональной системы эксплуатации месторождений целого региона с продуманным поэтапным их вводом и более полным извлечением запасов за счет компенсации уровней добычи и параметров разработки может существенно повысить качество проектирования освоения нефтегазоносных регионов. Создание для этой цели региональной геологической модели как суммы всех знаний о недрах, увязанных в рамках единой географической системы, представляется ключевым этапом решения такой масштабной задачи. Подобная модель может стать прекрасным инструментом также для принятия решений в вопросах последовательности и очередности геолого-разведочных работ.

Список литературы

1. *Бурлин Ю.К.* Геологические предпосылки перспектив нефтегазоносности шельфа российского сектора Северного Ледовитого океана / Ю.К. Бурлин, А.В. Ступакова // Геология нефти и газа. – 2008. – № 4. – С. 13–23.
2. *Ампилов Ю.П.* Опыт построения региональных геолого-геофизических цифровых моделей на примере Ямало-Карского региона / Ю.П. Ампилов, Я.И. Штейн, А.А. Ахапкин и др. // Материалы 4-й международной конференции «К новым открытиям через интеграцию геонаук». – СПб.: 2010.
3. *Рагех Г.М.-А.* Введение в проблему и прогнозирование развития трехмерного цифрового геологического картирования в будущем / Г.М.-А. Рагех // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2004. – № 11. – С. 51–54.