



УДК 553.98

## ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ И ПРОГНОЗУ НЕФТЕНОСНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

**В.Д.Немова** (ФГУП “Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт”), **Е.П.Амятешва** (ООО “Интех-Геонефтегаз”), **И.В.Панченко** (ЗАО “Моделирование и мониторинг геологических объектов”), **Р.Ю.Бедретдинов** (ФГУП “Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт”)

В статье освещены проблемы и результаты изучения отложений баженовской свиты для повышения эффективности планирования геолого-разведочных работ. Показано, что эффективное изучение природных резервуаров баженовской свиты можно проводить только на основании комплекса геолого-геофизических исследований, включающих разностороннее изучение керна, результаты промыслового-геофизических исследований, данные ГИС и детальной сейсморазведки 3D. Комплексный анализ при изучении особенностей геологического строения баженовской свиты позволил наметить специальные, принципиально новые и современные подходы к исследованию этих продуктивных отложений и предложить оптимальное решение задачи разведочного этапа по выделению, картированию нефтеперспективных зон и оптимизации разведочного и эксплуатационного бурения. Приведен пример реализации такой технологии.

**Ключевые слова:** баженовская свита; лабораторные исследования; интерпретация данных сейсморазведки 3D.

Всего несколько лет назад относительно баженовской свиты господствовали представления как об объекте с хаотично распространенными линзовидными глинистыми [5, 8, 10] или карбонатными и кремнистыми [2] коллекторами, которые практически не поддаются выделению и картированию стандартными дистанционными методами. Такой подход в прошлом был обоснован многими факторами, в том числе и недостаточным уровнем технической оснащенности. На базе же современных методических подходов и технических средств появились более широкие возможности изучения этих отложений.

Во-первых, это связано с отбором изолированного керна с высокой степенью выноса и сохранности, проведением большого числа опытно-методических и экспериментальных исследований керна. Во-вторых, с реализацией масштабных промысловых исследований, включающих термометрию, дебитометрию, гидропрослушивание, термогазовое воздействие на пласт  $\text{Ю}_0$  и др. На основании полученного нового фактического материала различными исследовательскими коллективами проведена большая работа по анализу и обобщению данных, разработке и опробованию различных методик интерпретации данных ГИС и арсенала средств высокоразрешающей сейсморазведки 3D.

В данной статье отражены основные достижения в области комплексных исследований отложений баженовской свиты и обозначены некоторые еще нерешенные задачи.

Доказано, что залежи нефти в баженовском горизонте не контролируются структурным планом, в толще нет пластовой воды, поэтому присутствие в разрезе коллектора гарантирует наличие залежи безводной нефти. В баженовской свите морфология залежи совпадает с морфологией коллектора и наоборот. В связи с этим вопросы о глубинных условиях, морфологии и свойствах коллектора, его положении в разрезе и плане являются основополагающими для создания качественной модели строения баженовских отложений, подбора эффективных методов их изучения и ускоренной их подготовки к разработке.

На месторождениях с доказанной продуктивностью отложений баженовской свиты основной фонд скважин составляют старые разведочные, в которых есть стандартный, часто неполный, комплекс ГИС, включающий методы ИК, ДС, ПС, ГК, ННК (НГК), АК, БК и др. В некоторых из этих скважин керн может быть плохой сохранности, преимущественно с низким процентом выноса. Раздельные испытания баженовского интервала разреза редки, чаще всего либо они отсутствуют, либо встречаются совместные опробования пластов  $\text{Ю}_0\text{-}\text{Ю}_2$  или КИИ в интервале от фундамента до баженовской свиты. Единичные новые скважины, пробуренные за последнее 10-летие, отличаются полным или частичным отбором изолированного керна из интервала баженовской свиты, часто поинтервально испытаны, для них имеются данные промыслового-геофизических исследований (дебитометрия, высокоточная тер-

мометрия и т.д.), стандартный (реже расширенный) комплекс ГИС.

Для эффективного решения промысловых задач по баженовской свите приходится сначала проводить детальные разносторонние исследования единичных новых скважин с раздельными испытаниями и кондиционным керном, а затем искать способы анализа оставшейся низкокондиционной геолого-геофизической информации в керне старых скважин.

Первое, что необходимо анализировать, – это данные промыслово-геофизических исследований (ПГИ), позволяющие установить приточные интервалы разреза баженовской свиты [9]. Для повышения достоверности заключения по ПГИ необходимо привлекать исследования керна. Один из эффективных методов выявления нефтенасыщенных интервалов разреза – геохимические исследования образцов методом "Rock-Eval". Для его реализации проводится сопоставление содержания параметров  $C_{\text{org}}$  и жидких УВ ( $S_1$ ). На графике (рис. 1) обособляются две области точек. В первой области отмечается зависимость, при которой с увеличением содержания  $C_{\text{org}}$  в породе закономерно растет содержание жидких УВ, во второй – содержание жидких УВ не пропорционально концентрации ОВ [4], что свидетельствует о присутствии в породах миграционных УВ, которые утратили связь с исходным ОВ. Именно эти образцы пород могут содержать коллекторы.

Очевидно, что для выявления коллекторов в разрезе баженовской свиты необходимы петрофизические исследования. Крайне важным моментом стало появление керна со 100%-м выносом из всего интервала баженовской свиты. Это позволило изучить все типы пород, включая слабоконсолидированные, неоднородные и трещинные разности, которые на дневную поверхность практически не выносились до применения технологии отбора изолированного керна. Именно это позволило получить принципиально новые данные о коллекторах баженовской свиты [7].

Пока объем специальных петрофизических исследований не соответствует сложности объекта. При этом крайне важно понимание технологической сложности отбора стандартных цилиндрических образцов из неоднородных и трещиноватых интервалов разреза баженовской свиты (рис. 2). Часто исследуемый интервал разреза представлен чередованием монолитных участков и неоднородных, содержащих, например, субслоистые трещины. В основном стандартные цилиндрические образцы отбираются из монолитных участков, поскольку при попытке изготовить их из трещиноватого керна они разрушаются. Определение фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) на таких образцах показывает, что изученные литотипы непроницаемы, что может противоречить промысловым результатам по испытанию толщи. Выход из подобной ситуации найден в отборе и изучении на

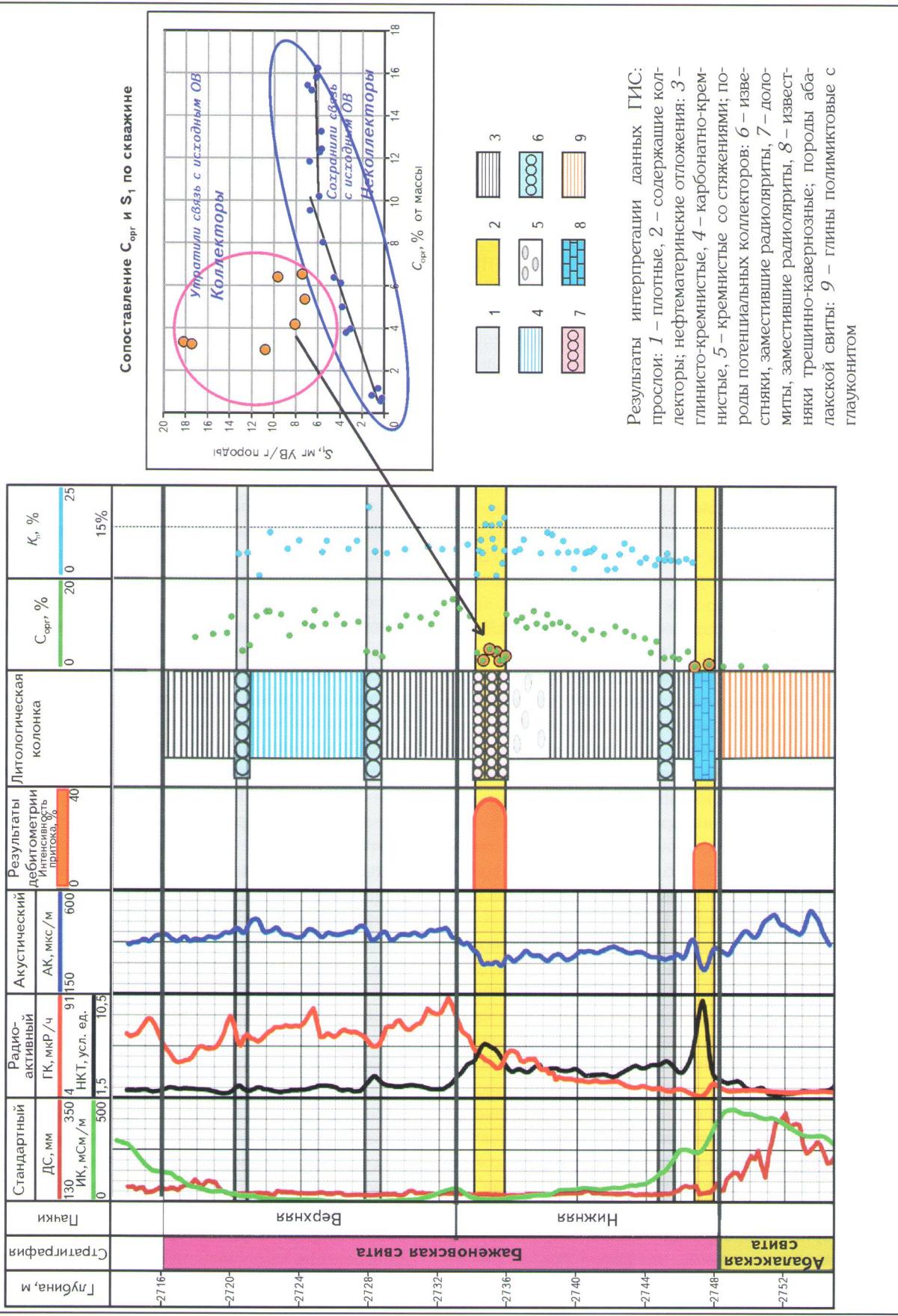
специальной установке в петрофизической лаборатории ФГУП "ВНИГНИ" крупных образцов кубической формы с длиной грани 4-5 см. Опыт показал, что подобные образцы технологически проще изготовить из пород, содержащих трещины, каверны и другие виды неоднородностей. В случае изучения ФЕС на кубических образцах неоднородных пород результаты значительно лучше согласуются с промысловыми данными.

Метод заключается в следующем. Изготавливают кубический образец размером 5x5 или 4x4 см, фотографируют все грани образца при дневном свете. Определяют проницаемость в трех направлениях, емкость пород. Затем образец насыщают раствором люминофора. Под ультрафиолетовой лампой фотографируют грани, под бинокуляром проводят подсчет плотности и раскрытия трещин, выявляют соотношение разного типа пустот в породах, на основании чего определяют тип коллектора [1] (см. рис. 2). В результате получается подробная разносторонняя характеристика коллектора, включающая его ФЕС, анизотропию проницаемости, характер пустотного пространства и другие показатели. Эти результаты дополняют литологической характеристикой образца, полученной при изучении крупных прозрачных шлифов, изготовленных из граней кубического образца. Информативность такого подхода, по сравнению со стандартными исследованиями, очевидно, значительно выше.

Так, получены значения ФЕС нефтематеринских пород, определенные на стандартных цилиндрических образцах, и пород потенциальных коллекторов, определенные как на цилиндрических, так и крупных кубических образцах. Нефтематеринские породы часто являются практически непроницаемыми: коэффициент проницаемости  $K_{\text{пр}} < 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ , коэффициент пористости  $K_{\text{п}} = 5-8 \%$ . ФЕС пород потенциальных коллекторов значительно варьируют от непроницаемых и низкопористых разностей до высоких значений:  $K_{\text{п}} = 16 \%$ ,  $K_{\text{пр}} = n \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ , в единичных случаях –  $n \cdot 10^{-2} \text{ мкм}^2$ .

На существующем уровне изученности отложений баженовской свиты важны исследования, позволяющие определить литологический состав коллекторов, вмещающих пород и их свойства. Литологические исследования являются основой для понимания закономерностей распределения коллекторов в разрезе, на площади, а также для геологической интерпретации и увязки результатов других видов исследований керна. Поэтому далее проводятся совместная интерпретация и сопоставление результатов промыслово-геофизических, геохимических, петрофизических и литологических исследований керна (см. рис. 1). Это позволяет не только выделить в разрезе баженовской свиты коллекторы с высокой степенью надежности, но и получить их подробную разностороннюю характеристику, вплоть до характера изменчивости свойств различных пород от скважины к скважине. Такой подход позволил выявить следующие особенности отложений баженовской свиты.

Рис. 1. СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗНОСТОРОННИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КЕРНА С КРИВЫМИ ГИС И ДАННЫМИ ПГИ



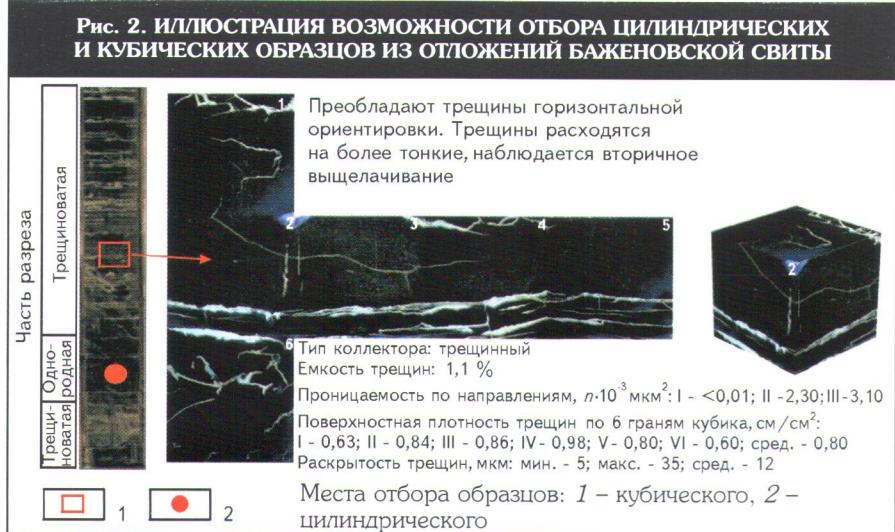
Результаты интерпретации данных ГИС:  
прослои: 1 – плотные, 2 – содержащие коллекторы; нефтематеринские отложения: 3 – глинисто-кремнистые, 4 – карбонатно-кремнистые, 5 – кремнистые со стяжениями; породы поленциальных коллекторов: 6 – известняки, замещавшие радиодиагриты, 7 – доломиты, замещавшие радиодиагриты, 8 – известняки трещинно-кавернозные; породы абалакской свиты: 9 – глины полимиктовые с глауконитом

Закономерности распределения по разрезу основных типов отложений баженовской свиты, включающие нефтематеринские и потенциально продуктивные (коллекторы), закладывались еще на этапе седиментогенеза, когда накопление тонкослоистых глинисто-кремнистых отложений, обогащенных ОВ, периодически сменялось господством в осадке скелетов кремневого зоопланктона – формированием конденсированных горизонтов с остатками радиолярий. В полных разрезах баженовской свиты отмечается 3-4 уровня распространения прослоев радиоляритов [6].

На фоне вмещающих тонкослоистых пород, аномально обогащенных ОВ, радиоляриты обладали кремневым скелетом и склонностью к разнообразным вторичным преобразованиям в ходе литогенеза. Проведенные исследования показали, что, в зависимости от физико-химической обстановки, господствующей в исходном осадке, минерализации катагенетических растворов, мигрирующих в толще, а также влияния разрывных нарушений, в интервале накопления радиоляритов формировались кремнистые, карбонатно-кремнистые, кремнисто-карбонатные породы с различной долей содержания кальцита или доломита.

Расположение в разрезе прослоев радиоляритов, установленное при литологическом изучении керна, часто совпадает с интервалами развития коллекторов, выделенными в ходе комплексного анализа данных ПГИ и исследований керна. При этом в самих прослоях радиоляритов коллекторы могут как присутствовать, так и отсутствовать. Связано это с тем, что на стадии осадкоакапления именно в радиоляритах создавались хорошие условия для миграции и разгрузки флюидных растворов. Благодаря этому постседиментационные преобразования (кальцитизация или доломитизация) значительно изменили облик радиоляритов: одни участки пород стали монолитными, другие – приобрели вторичную пористость.

Накопление радиоляритов происходило в результате изменений гидродинамического режима в баженовском бассейне седиментации, поэтому они имеют широкое распространение по площади (десятки и сотни квадратных метров) при небольшой толщине отдельных их прослоев (0,5-3,0 м) [6]. В отличие от самих радиоляритов, площадное развитие коллекторов, связанных с ними, значительно сложнее и ограничивается литологическим замещением проницаемых пород непроницаемыми.

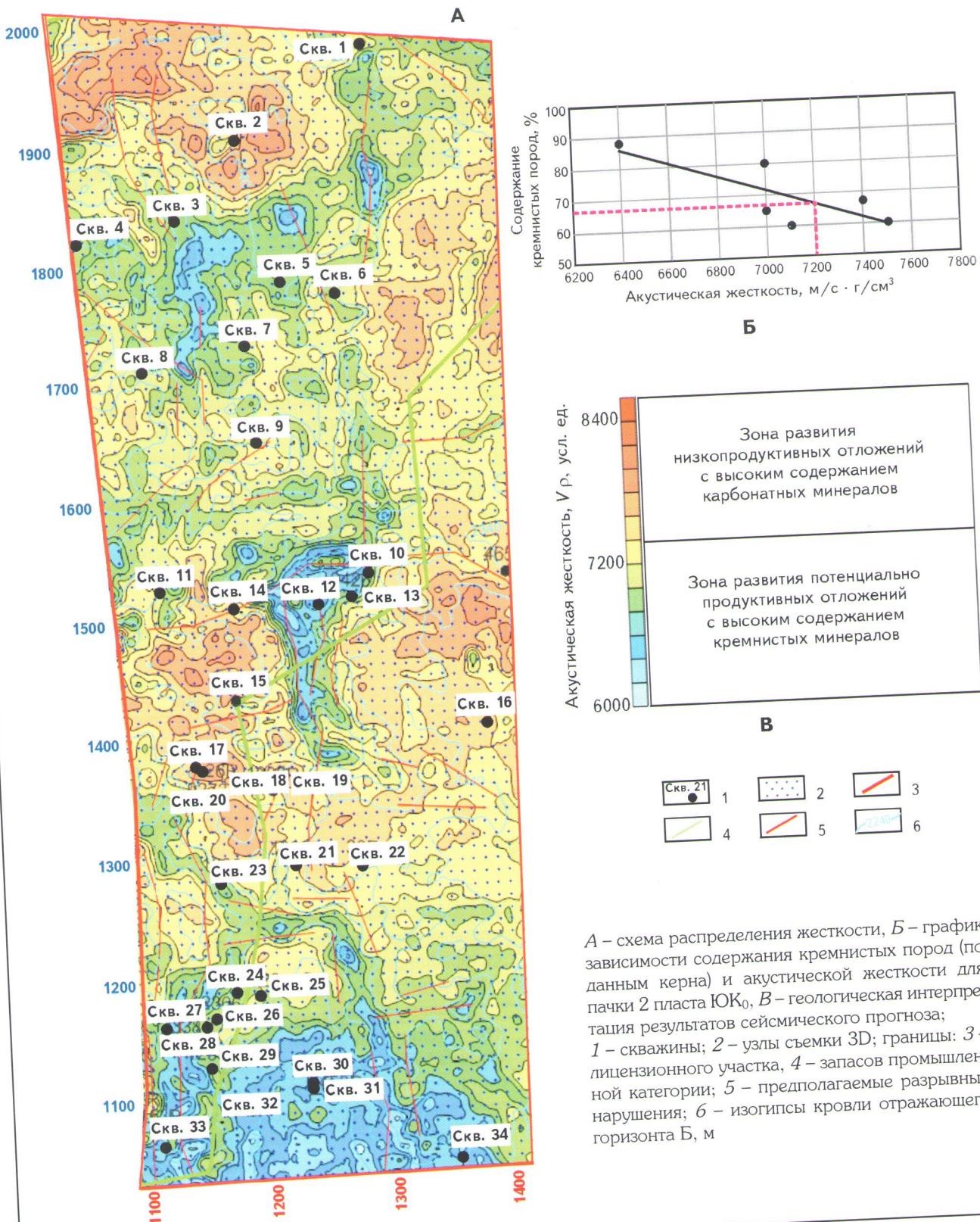


Но не только радиоляриты могут быть продуктивными. В верхней части разреза баженовской свиты повсеместно изменяется состав плотных прослоев с кремнистого на карбонатный. Это связано со сменой господствующей фауны радиолярий (зоопланктон с кремневым скелетом) на кокколитофориды (фитопланктон с кальцитовым скелетом). Благодаря этому верхняя часть разреза баженовской свиты представлена глинисто-кремнистыми кокколитофоридовыми известняками, содержащими сантиметровые прослои ракушечника (двустворки *Inoceramus*) или даже карбонатные конкреции различной морфологии размером до первых десятков сантиметров. С подобными видами неоднородностей также могут быть связаны приточные интервалы разреза баженовской свиты.

Подводя итог исследованиям керна, можно отметить, что в разрезе баженовской свиты (см. рис. 1) к нефтематеринским породам с повышенным содержанием ОВ [3] относятся глинисто-кремнистые, карбонатно-глинисто-кремнистые породы и глинисто-кремнистые кокколитофоридовые известняки. Коллекторы, генетически связанные как со вторично преобразованными радиоляритами, так и карбонатными прослойками и конкрециями верхней части толщи, отличаются пониженным содержанием  $C_{\text{org}}$ , основную долю которого составляют жидкие УВ.

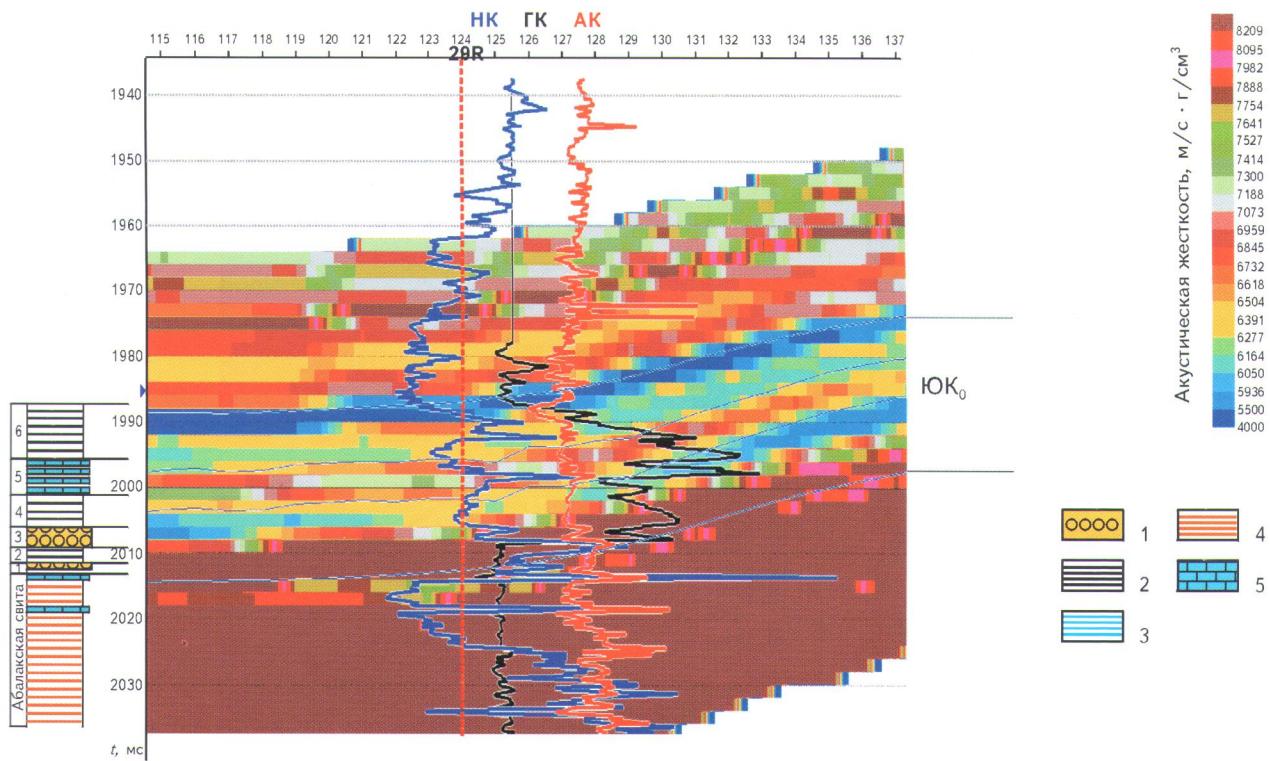
Можно отметить, что в свете планирования применения таких технологий интенсификации притока, как термогазовое воздействие на отложения баженовской свиты, потенциально продуктивными могут стать и нефтематеринские породы, но в России эти технологии только тестируются. Поэтому, говоря о потенциально продуктивных породах, имеются в виду плотные прослои, обладающие ФЕС, сопоставимыми с традиционными коллекторами. Именно они отдают нефть в скважины на естественном режиме или при применении

Рис. 3. СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ В ИНТЕРВАЛЕ ПАЧКИ 2 БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ



А – схема распределения жесткости, Б – график зависимости содержания кремнистых пород (по данным керна) и акустической жесткости для пачки 2 пласта ЮК<sub>0</sub>, В – геологическая интерпретация результатов сейсмического прогноза; 1 – скважины; 2 – узлы съемки 3D; границы: 3 – лицензионного участка, 4 – запасов промышленной категории; 5 – предполагаемые разрывные нарушения; 6 – изогипсы кровли отражающего горизонта Б, м

Рис. 4. УВЯЗКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ КЕРНА С ДАННЫМИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ



1 – радиоляриты; породы: 2 – глинисто-кремнистые, 3 – кремнисто-глинисто-карбонатные, 4 – кремнисто-глинистые, 5 – карбонатные

стандартных методов интенсификации притока (гидро-разрыв пласта, кислотные обработки).

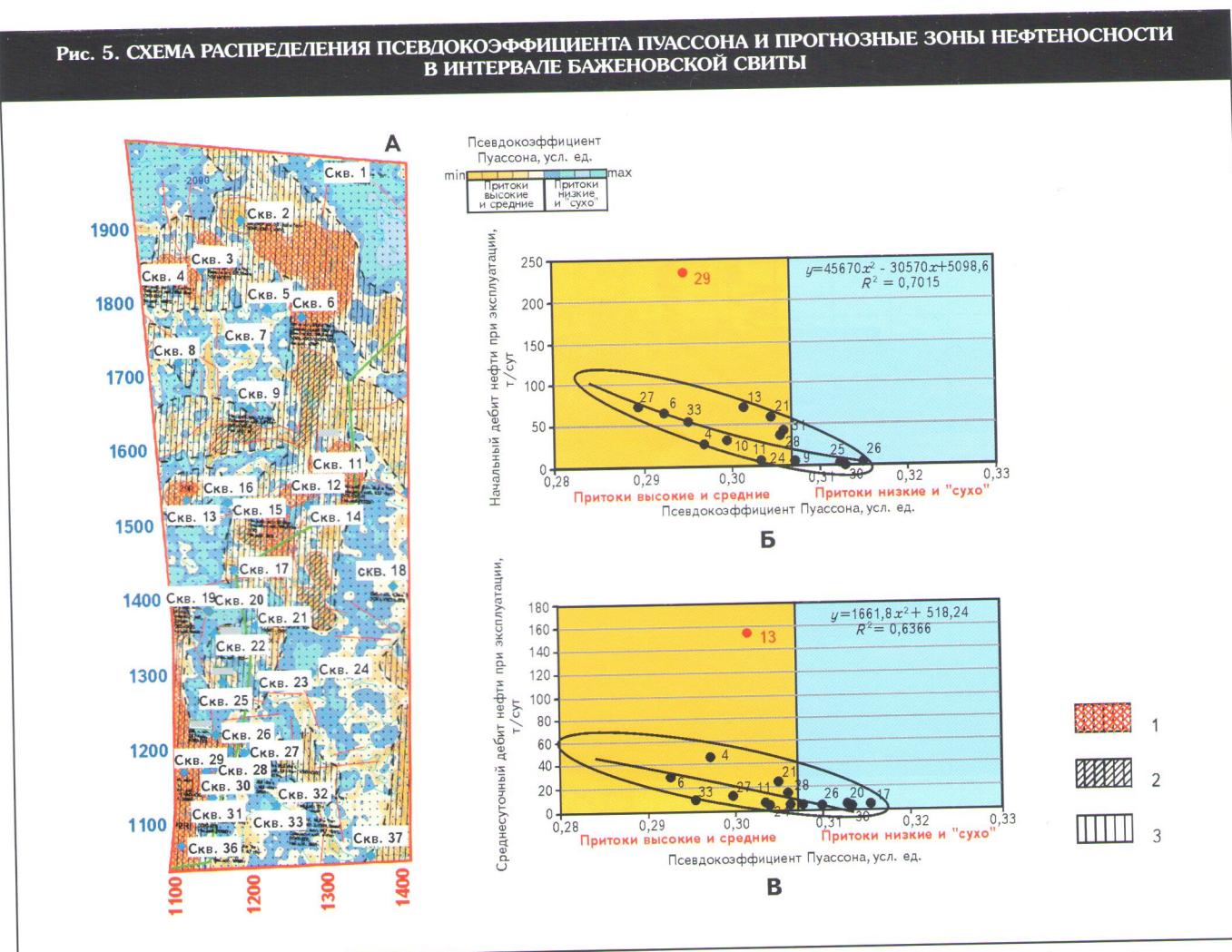
Для выявления потенциально продуктивных пород баженовской свиты дистанционными методами необходимо провести геомеханические исследования керна для определения различий физических свойств коллекторов и вмещающих пород. На каротажных диаграммах приточные интервалы разреза (коллекторы) распознаются как уплотненные пропластки, характеризующиеся относительным минимумом по кривым гамма- и акустического каротажей и максимумом на кривой нейтронного каротажа (см. рис. 1) [9]. Это свидетельствует о большей плотности и более высоких скоростях распространения упругих колебаний в породах потенциальных коллекторов, относительно вмещающих и полностью подтвердились при лабораторных исследованиях керна.

Доказанная контрастность акустических свойств нефтематеринских пород и пород, которые могут содержать коллекторы, позволила сформулировать задачу для интерпретации данных ГИС следующим образом. Для выявления коллекторов в скважинах необходимо по кривым ГИС разделить породы разреза баже-

новской свиты на низкоскоростные нефтематеринские отложения и плотные пропластки, затем среди последних выделить коллекторы и определить их ФЕС.

Учитывая, что на настоящий момент баженовская свита вскрыта огромным числом скважин со “стандартным” комплексом ГИС, особую актуальность имеет разработка методики выделения коллекторов с использованием методов гамма-, нейтронного и акустического каротажей, характерных для скважин старого фонда. Попытки количественных оценок значений емкостных параметров с использованием приведенных методов ГИС требуют высокого качества исходных каротажных кривых, что на практике встречается не так часто. Хотя при достаточном числе скважин с хорошо изученным керном нормировка методов ГИС на результаты петрофизических определений ФЕС пород позволяет повысить достоверность интерпретации. Методику интерпретации данных ГИС, отработанную по скважинам с керном, необходимо применить к скважинам, где керн отсутствует, включив их, таким образом, в геологическую модель, что приведет к максимально эффективному использованию геолого-геофизической информации.

Рис. 5. СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПСЕВДОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА И ПРОГНОЗНЫЕ ЗОНЫ НЕФТЕНОСНОСТИ В ИНТЕРВАЛЕ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ



А – схема распределения псевдокоэффициента Пуассона; график зависимости: Б – между начальным дебитом нефти при эксплуатации и упругим параметром  $\sigma$  в интервале юрских отложений, В – между среднесуточным дебитом нефти и упругим параметром  $\sigma$  в интервале юрских отложений; нефтеперспективные объекты: 1 – I ранга (доказанные бурением, первой очереди), 2 – II ранга (перспективные, второй очереди), 3 – III ранга (прогнозные); остальные усл. обозначения см. на рис. 3

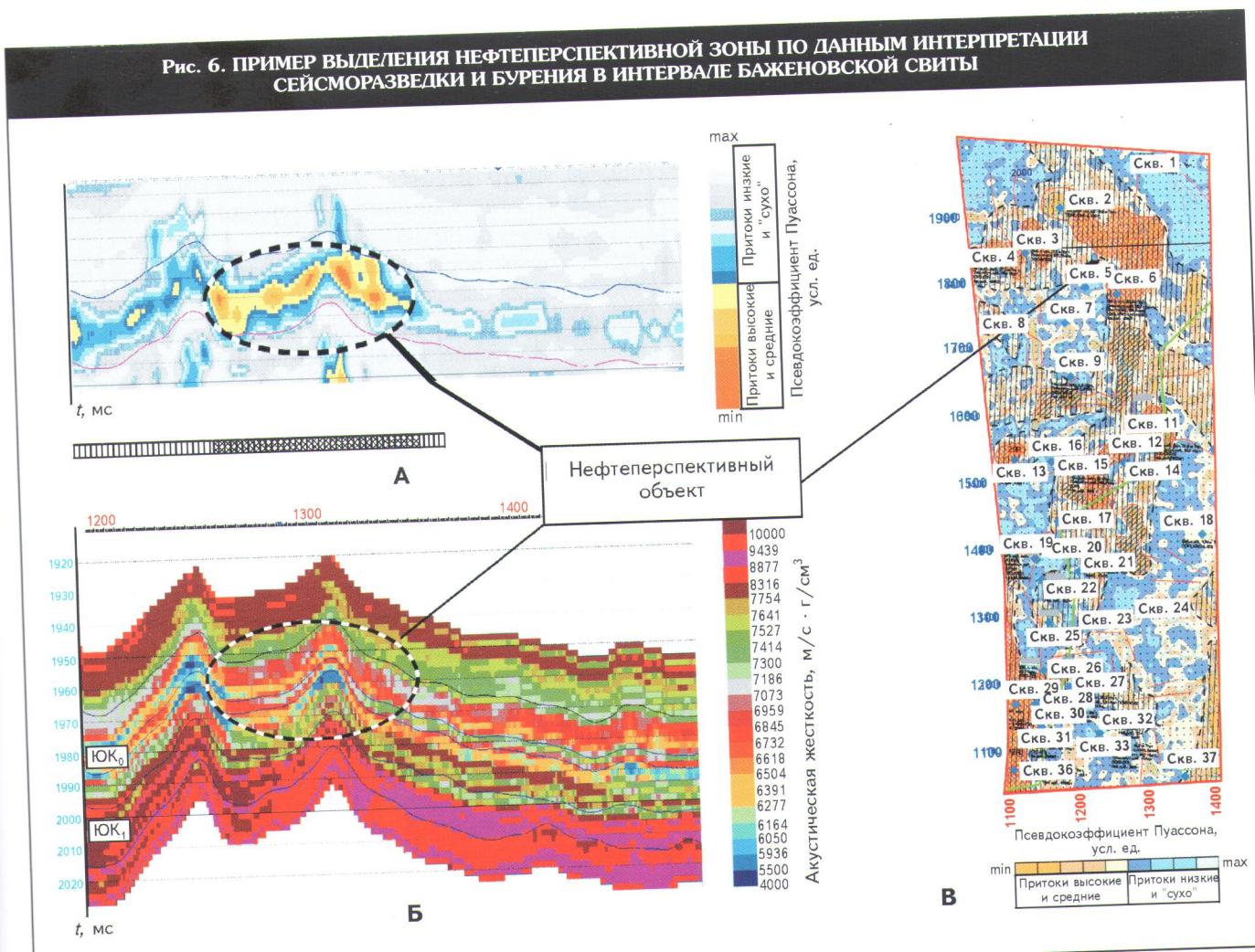
В настоящее время интерпретация данных ГИС на качественном уровне (выделение в разрезе пропластков потенциальных коллекторов) проводится весьма успешно. Однако количественная оценка ФЕС значительно затруднена и методика их определения требует доработки.

Результаты керновых и промысловых исследований совместно с интерпретацией данных ГИС позволили доказать, что именно изменения ФЕС пород потенциальных коллекторов в глубинных условиях являются одним из индикаторов залежей. Карттирование этих изменений по площади и разрезу является ключом к поиску высокопродуктивных типов разреза баженовской свиты, содержащих традиционные типы коллекторов.

Одним из важнейших критериев успешной разработки таких месторождений нефти является комплексный анализ геолого-геофизической, гидродинамиче-

ской и геолого-промышленной информации. Методика комплексного анализа разнородных и разноточных данных, позволяющая получать согласованную информацию о геолого-технологических аспектах месторождений, до настоящего времени так и остается незавершенной, хотя отдельные ее элементы успешно развиваются. Разработка месторождений нефти в отложениях баженовской свиты осложнена отсутствием детальной информации о тонкослоистой структуре пачек, слагающих целевой интервал разреза. Высокая латеральная изменчивость ФЕС коллекторов, их невысокие толщины являются причинами того, что, при ограничениях разрешающей способности сейсморазведки по доступной толщине пласта, использование стандартных подходов к интерпретации сейсмических материалов приводит к созданию моделей, входящих в противоречие с результатами пробной эксплуатации. Поэтому ранее

**Рис. 6. ПРИМЕР ВЫДЕЛЕНИЯ НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНОЙ ЗОНЫ ПО ДАННЫМ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И БУРЕНИЯ В ИНТЕРВАЛЕ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ**



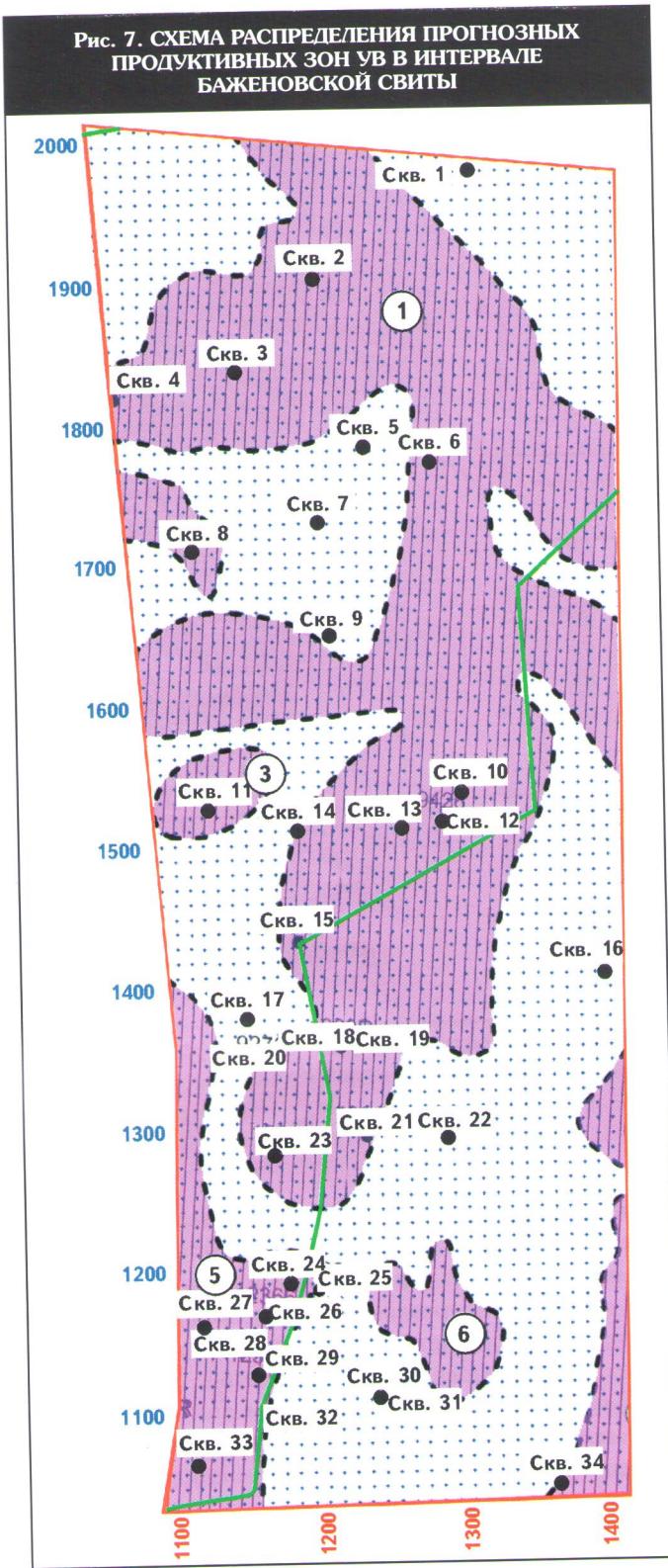
*A* – фрагмент геофизического профиля, отражающего распределение псевдокоэффициента Пуассона, *B* – фрагмент сейсмогеакустического профиля, *B* – схема распределения псевдокоэффициента Пуассона в интервале юрских отложений

при построении геологических моделей ограничивались данными бурения, ГИС и керна. Сейсмическая информация в этом случае использовалась только для структурных построений, а материалы других геофизических методов не использовались вообще. В условиях, когда объем бурения невелик, а расстояния между скважинами составляют сотни метров, детальность описания пласта по горизонтали без сейсмических данных затруднительна, а выделение высокопродуктивных зон без постановки специальных работ невозможна. Использование стандартных методов интерпретации сейсмического материала — сейсмофациального, сейсмостратиграфического анализов, атрибутного прогнозирования или инверсионных преобразований в полосе частот сейсмических колебаний, наряду с практически неинформативными характеристиками о нефтенасыщении, затрудняет построение адекватной реальности модели

месторождения из-за недостаточно детальной информации о коллекторских свойствах и нефтеносности целевых пластов. Учет тонкой слоистости пачек коллекторов при прогнозировании коллекторских свойств и нефтеносности может быть выполнен только на основе новых высокоразрешающих технологий.

Главным элементом технологии является динамическая интерпретация 3D-сейсмических данных в модификации высокоразрешающей оптимизационной упругой инверсии, позволяющая получать тонкослоистые кубы 3D-упругих параметров, которые используются в качестве весовых функций для интерполяции в межскважинное пространство основного петрофизического параметра пористости, и данные других упругих параметров, например отношения  $V_p/V_s$  использованы для построения куба петрофизического параметра — псевдокоэффициента Пуассона. Теоретические исследования

Рис. 7. СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ ПРОДУКТИВНЫХ ЗОН УВ В ИНТЕРВАЛЕ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ



Усл. обозначения см. на рис. 3

ния, обработка и анализ полевого материала, а также конкретные результаты сопоставления добывчих возможностей коллекторов доказали высокую корреля-

ционную связь аномалий упругих параметров с добывчими характеристиками. Такой подход оказался более надежен при решении задачи выделения и оконтуривания различного рода неструктурных залежей и залежей, приуроченных к малоамплитудным ловушкам, — в задачах, где возможности стандартных подходов сейсморазведки ограничены.

Таким образом, современная технология прогнозирования высокопродуктивных зон в отложениях баженовской свиты включает следующие этапы:

построение высокоразрешенных кубов акустической жесткости (рис. 3);

увязка с данными керна и ГИС (рис. 4);

корреляция пластов продуктивных отложений;

установление корреляционных зависимостей между информативными геофизическими и петрофизическими характеристиками продуктивных пластов. Пересчет упругих характеристик пласта в основные петрофизические параметры (рис. 5, 6);

расчет общей толщины пласта;

расчет толщины пласта с вычетом толщин пластов неколлекторов;

расчет удельной емкости коллектора;

анализ высокопродуктивных зон по материалам упругих параметров, данных ГИС, керна, составление корреляционных зависимостей и уравнений регрессии; построение прогнозных карт нефтеперспективности (рис. 7).

На всех этапах проводятся оценка дисперсии полученных графиков, расчет точности построения карт.

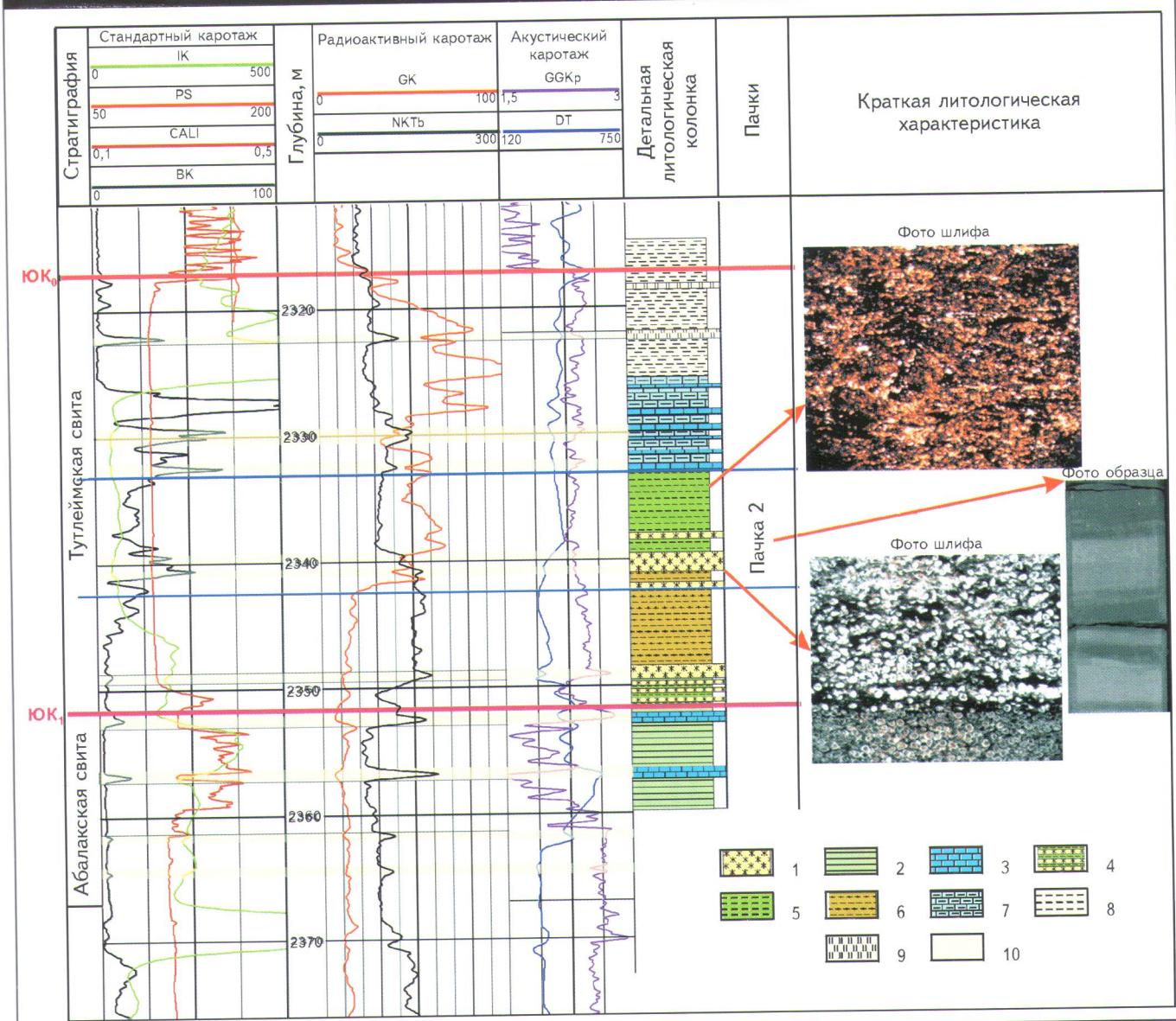
Рассмотрим более детально результаты изучения изменчивости литотипов карбонатных, карбонатизированных и кремнистых пропластков, встречающихся на нескольких уровнях разреза баженовской свиты. Эти пропластки дифференцированы по своим акустическим свойствам и их акустическая контрастность отличается от вмещающих нефтематеринских пород, что создает благоприятные предпосылки для их изучения сейсмическими методами.

Приведем пример реализации описанного подхода для одной из пачек баженовской свиты (рис. 8).

Пачка 2 выделяется в центральной части разреза баженовской свиты, представлена в верхней части глинисто-кремнистыми, слабокарбонатными породами с двустворками и низким содержанием радиолярий, в нижней — радиоляритами и частым переслаиванием радиоляритов с глинисто-кремнистыми породами. Радиоляриты по латеральному простиранию неоднородно доломитизированы (см. рис. 3). В составе пород пачки первичный кремнезем частично и не повсеместно замещается вторичными карбонатами.

По данным ГИС кровля пачки 2 выделяется по повышенным показаниям кривой гамма-каротажа, пониженным значениям нейтронного каротажа. При этом кривая нейтронного каротажа характеризуется очень

Рис. 8. ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЧКИ 2 ПО КАРОТАЖНЫМ КРИВЫМ И КЕРНУ В ОТЛОЖЕНИЯХ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ



1 – радиолиты; породы: 2 – кремнисто-глинистые слабоалевритистые, 3 – карбонатные, 4 – тонкое чередование глинисто-кремнистых и радиолитов, 5 – глинисто-кремнистые, 6 – глинисто-кремнистые с повышенным содержанием радиолитов, 7 – глинисто-карбонатно-кремнистые с линзовидными прослоями карбонатных, 8 – глинисто-кремнистые интенсивно пиритизированные, 9 – кремневые слабоглинистые интенсивно пиритизированные; 10 – уплотненные интервалы по ГИС (возможные коллекторы)

выдержаными значениями. В нижней части пачки показания нейтронного и плотностного методов повышенные, значения кривой акустического каротажа пониженные, что связано с преобладанием уплотненных кремнистых и карбонатных прослоев.

Толщина пачки 2 на сейсмических разрезах составляет во временном масштабе 8-15 мс, что является допустимым по разрешающей способности для сейсморазведки. Поэтому выявленные по скважинным данным

закономерности изменения строения данной пачки могут быть изучены по данным сейсморазведки 3D в межскважинном пространстве (см. рис. 4).

В результате углубленного графа обработки данных сейсморазведки получена карта распределения акустической жесткости пачки 2. Значения жесткости изменяются в интервале от 5800 до 8600 усл. ед. (см. рис. 3). Зоны пониженных значений акустической жесткости оконтурены изолинией  $\leq 7150$  усл. ед.

Установлена корреляционная связь (коэффициент корреляции 0,65) между акустической жесткостью и результатами изучения основных литотипов пород по данному керну. Согласно представленной зависимости (см. рис. 3), отложения с преобладающим кремневым составом характеризуются относительно пониженными значениями акустической жесткости. Замещение кремнистых пород карбонатными приводит к преимущественному распространению карбонатных разностей и повышению значений акустического импеданса (см. рис. 3). С использованием этой зависимости и карты акустической жесткости для пачки 2 пласта ЮК<sub>0</sub> на качественном уровне выполнен анализ распределения зон развития различных литотипов пород.

Наиболее обширная зона пониженных значений акустического параметра распространена в южной части площади, а в центральной и северной частях располагаются локальные неоднородные зоны меньших размеров. Именно эти области являются наиболее перспективными с точки зрения поиска УВ в интервале пачки 2 отложений баженовской свиты изученного месторождения, поскольку содержат наиболее мощные пласти кремнистых радиоляритов, ФЕС не “испорчены” карбонатизацией.

Большую часть площади занимают зоны, оконтуренные повышенными и высокими значениями акустической жесткости (> 7200 усл. ед.), которые на качественном уровне могут свидетельствовать о преимущественном распространении глинисто-карбонатных пород с ухудшенными коллекторскими свойствами.

Подобный анализ проведен для всех пачек разреза баженовской свиты. Сопоставление перспективных участков, закартированных во всех изученных пачках, помогло выбрать оптимальное место заложения новых скважин.

Эффективно использование и других петрофизических параметров, реагирующих на обычные характеристики коллекторов. Так, пониженные значения параметра псевдокоэффициента Пуассона (см. рис. 5), рассчитанного по результатам упругой инверсии, указывают на местоположение высокодебитных зон по площади и в разрезе, что также способствует оптимизации заложения разведочных и эксплуатационных скважин (см. рис. 6, 7).

\*\*\*

За последние годы получено много новых знаний о строении, нефтеносности и перспективах освоения баженовской свиты. Однако одной из главных нерешенных задач остается разработка методики подсчета запасов нефти, аккумулированных в природных резервуарах баженовской свиты, основанной не на упрощенных интерполяционных моделях, а на моделях, адекватных реальным условиям и отражающих сложность геологического строения этой толщи. Для ее решения необходимо дальнейшее развитие комплексного подхода к анализу и обобщению всего объема разнородной и разноточной геолого-геофизической информации.

## Выводы

Основными продуктивными породами в отложениях баженовской свиты являются:

широко распространенные на площади, но высокоменчивые по своим ФЕС прослои вторично преобразованных радиоляритов, содержащих трещинно-поровые коллекторы (распространены на разных стратиграфических уровнях);

карбонатные прослои верхней части абалакской свиты с трещинно-каверновым типом пустотности;

трещинные и порово-трещинные карбонатные линзы и биогенные прослои верхней части разреза свиты.

Для оптимизации геолого-разведочных работ в отложениях баженовской свиты необходимо решать задачи комплексной интерпретации данных сейсморазведки, основанные на результатах разносторонних исследований керна.

Высокая изменчивость и большое разнообразие типов разреза при низкой степени изученности отложений баженовской свиты приводят к необходимости на каждом месторождении проводить индивидуальное изучение этой толщи.

## Литература

- Багринцева К.И.** Применение капиллярной дефектоскопии в нефтяной геологии для выделения и оценки трещиноватости в горных породах / К.И.Багринцева, Р.Сауткин, Г.Шершуков // MEGATECH: новые технологии в промышленной диагностике и безопасности. – 2013. – № 4.
- Белкин В.И.** Строение и нефтеносность баженовского резервуара / В.И.Белкин, Е.П.Ефремов, Н.Д.Каптелин // Литология и полезные ископаемые. – 1985. – № 2.
- Дахнова М.В.** Геохимические методы в решении задач, связанных с освоением залежей нефти в баженовской свите на западе Широтного Приобья / М.В.Дахнова, Е.С.Назарова, В.С.Славкин и др. // Геология нефти и газа. – 2007. – № 6.
- Дахнова М.В.** Методы органической геохимии в связи с изучением проблем нефтегазоносности доманикитно-доминоидных толщ / М.В.Дахнова, С.В.Можегова, Е.С.Назарова // Геология нефти и газа. – 2013. – Спецвыпуск.
- Зарипов О.Г.** Модель пласта Ю<sub>0</sub> баженовской свиты / О.Г.Зарипов, В.П.Сонич, К.С.Юсупов // Нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири. – М.: Изд-во ИГиРГИ, 1980.
- Немова В.Д.** Условия формирования коллекторов в отложениях баженовского горизонта в районе сочленения Красноленинского свода и Фроловской мегавпадины [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – СПб.: Изд-во ВНИГРИ, 2012. – Т. 7. – № 2. – Режим доступа: [http://www.ngtp.ru/rub/4/23\\_2012.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/23_2012.pdf).
- Немова В.Д.** Методические наработки в области комплексных литолого-петрофизических исследований керна отложений баженовской свиты / В.Д.Немова, Д.А.Асташкин, С.С.Гаврилов // Геология нефти и газа. – 2013. – № 2.