

ки комплексирования впервые обоснованы Р.С. Сейфуллинским и И.В. Хавензон (1973) и получили научно-практическое развитие в исследованиях Э.К. Швыдкина (1997—2000), А.С. Якимова (2000). Комплекс (высокоточная магниторазведка, электроразведка естественных потенциалов, геохимия солей металлов) реализован в Татарском геолого-разведочном управлении и НПУ Казаньгеофизика при оценке нефтеперспективности площадей и объектов для выбора мест заложения вертикальных скважин.

2. Алгоритм подготовки объекта к горизонтальному бурению предусматривает и использование данных **высокоточной гравиразведки** — исследования тонкой структуры распределения поля силы тяжести по методике "ГОНГ" (Михайлов И. Н., 1982, 2001).

Вероятен и подход к усовершенствованию методических приемов в уточнении контуров залежей нефти с помощью нейрокомпьютерной системы "НЕЙРОСЕЙСМ" (Куликов С. А., Тарасов Е. А., 1994).

Решение третьей задачи — выполнение вертикального сейсмического профилирования (ВСП). Метод обеспечивает изучение структурных особенностей продуктивных отложений девона и карбона. Повышение разрешающей способности исследований (в 3...5 раз по сравнению с наземной сейсморазведкой) позволяет проследивать границы между основными целевыми горизонтами, выявлять мало-

размерные ловушки, надежно выделять тектонические нарушения (Амиров А. Н., 1998).

Важное преимущество непродольного ВСП (НВСП) — возможность проведения работ в сжатые сроки и практически в любых направлениях от скважины, что позволяет оперативно корректировать точки заложения последующих скважин. Выполненные на территории Татарстана исследования показали высокую эффективность ВСП.

Повышение эффективности выработки запасов нефти предполагает следующую концепцию геолого-геофизической подготовки нефтяных месторождений к горизонтальному бурению:

1. Сейсморазведка 3D, высокоточные гравиразведочные наблюдения, аэрокосмогеологические исследования.
2. Проведение комплекса геофизических и геохимических методов, переинтерпретация данных МОГТ по технологии "НЕЙРОСЕЙСМ".
3. Геологическое истолкование геолого-геофизических материалов.
4. Выбор скважины из имеющихся или бурение новой для постановки ВСП.
5. Выполнение вертикального сейсмопрофилирования.
6. Комплексная интерпретация данных для выбора оптимальной траектории горизонтальной скважины.

УДК 550.83.05 (571.1)

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ЗАПАДНО-СИБИРСКОМ НГБ

Д. Н. Крылов
(ОАО "РИТЭК")

Введение. Сейсморазведка является основным геофизическим методом подготовки перспективных объектов к поисковому и разведочному бурению во всем мире, однако в Западно-Сибирском нефтегазовом бассейне (НГБ) вследствие геолого-геофизических особенностей строения осадочного разреза информационная ценность сейсмических данных наиболее велика. В настоящее время выявились специфические приемы решения интерпретационных задач, характерные для данного региона, которые пока не в полной мере учитываются в рамках сложившейся практики получения и анализа сопутствующей информации, привлекаемой для интерпретации сейсмических материалов.

Современные требования к уровню предварительной подготовки данных сейсморазведки.

Рассматриваются основные проблемы информационного обеспечения интерпретации сейсмических данных в Западной Сибири, связанные как с объективными изменениями ресурсной базы региона (уменьшение размеров объектов, их сложная пространственная конфигурация), так и с недостаточным осознанием специфики строения неокомско-юрского осадочного разреза (клиноформное и блоковое строение объектов, тонкослоистость). Особое внимание уделено вопросам повышения качества акустических исследований в скважинах, результаты которых составляют основу информационной базы детальной интерпретации данных сейсморазведки.

Main problems of information base creation for seismic interpretation in West Siberia are discussed. Among them the problems resulted from actual changes in resource potential of the region (increase of small and complex hydrocarbon plays) and from not adequate understanding of specific features of Jurassic and Neocomian sequences (clinoforms, blocks and thin layered section). Special attention is paid to quality of sonic log data which form a substantial part of subtle seismic interpretation information base.

Поисково-разведочные работы в регионе последовательно переориентируются к середине XXI в. с относительно простых и крупных залежей в шельфовом неокме и васюганском комплексе верхней юры

на сложнопостроенные (главным образом клиноформные) объекты неокома (включая ачимовскую свиту) и объекты, имеющие выраженное блоковое строение, в томенской свите и в более глубоких горизонтах юры (включая шеркалинскую свиту) [1, 2]. Возрастет и доля мелких залежей — спутников месторождений, открываемых в традиционных интервалах поисково-разведочных работ. В этой связи весьма показателен пример удачных поисково-разведочных работ в районе Восточно-Перевального месторождения ОАО "РИТЭК", где была обнаружена целая "россыпь" небольших, но "кучно" расположенных залежей.

В создавшейся ситуации необходимы кардинальное усовершенствование методики полевых сейсмических наблюдений, существенное повышение плотности съемки, увеличение доли исследований по методике 3D и переход на новые технологии детальной интерпретации геолого-геофизической информации. На первый план выдвигаются задачи прогноза литологического состава и коллекторских свойств целевых тонкослоистых пластов толщиной от нескольких до первых десятков метров и выделения малоразмерных объектов с амплитудой в первые десятки метров и площадью до 1...2 км². В настоящее время достоверность прогноза небольших малоамплитудных антиклинальных структур сопоставима с возможностями обнаружения ловушек нетрадиционного типа — структурно-стратиграфических, тектонически экранированных и структурно-литологических, на поиск которых в регионе сегодня вынуждена переориентироваться геолого-разведка.

В этих условиях требования к качеству и объему сопутствующей информации существенно повышаются. Прежде всего, важна надежная геодезическая привязка сейсмических профилей к рельефу местности и местам расположения скважин, которая возможна лишь на основе применения современных спутниковых систем позиционирования. При таком значительном размере объектов и их сложном пространственном положении "ошибки геодезии" вполне могут послужить причиной неудачного бурения на площади.

Вторым требованием (но не по своей значимости) является учет скоростных особенностей так называемой верхней части разреза (ВЧР) при структурных построениях целевых горизонтов. Недоучет характеристик ВЧР может приводить к ошибкам построений, вполне соизмеримым с амплитудами перспективных структур. Незнание свойств ВЧР на Среднехулымском месторождении ОАО "РИТЭК" привело к необходимости структурных построений на основе минимаксных оценок с подготовкой двух-трех базовых вариантов. При этом отличия прогнозируемых глубин залегания горизонтов в отдельных местах достигали 40 м и более. Однако минимаксные оценки, выполненные специалистами ЗАО "МиМГО", в данной ситуации позволили наиболее объективно представить строение месторождения, а

последующее бурение подтвердило "наиболее вероятный" вариант структурных построений.

Одно из возможных решений этой проблемы — использование методов инженерной электроразведки для изучения строения ВЧР. Так, изучение верхней части разреза с целью определения оптимальной глубины заложения заряда (глубинность исследований до 20...30 м) можно, согласно рекомендациям АО "Актуальная геология" (Санкт-Петербург), проводить методами вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) или подповерхностного радиолокационного зондирования с использованием электроразведочной аппаратуры ВЭЗ, укомплектованной штатными емкостными электродами. Картирование подошвы мерзлых пород и изучение ее морфологии на глубинах до 700 м можно осуществить индукционными методами (зондирования становлением поля) в модификации ЗСБ (ЧЗ-СПУ) с шагом наблюдений по профилю не более 200 м. Эти работы могут выполняться электроразведочным отрядом численностью до 6 чел., которым доукомплектовывается обычная сейсмическая полевая партия.

В местах с недостаточной плотностью сейсмических исследований (для лицензионных участков ОАО "РИТЭК" в Западной Сибири это в большинстве случаев менее 1,3...1,4 км/км²) особую значимость приобретает информация ВСП не только как основного метода, увязывающего данные глубокого бурения и сейсморазведки, но и как метода, уплотняющего сейсмические наблюдения [5]. Вот почему руководством геологической службы компании было принято решение о проведении ВСП в большинстве разведочных скважин. Для многих лицензионных участков Компании в регионе достаточной можно считать плотность сейсмопрофилей 1,8...2,2 км/км² и даже более. Но и в этом случае данные ВСП необходимы для детальной интерпретации материалов МОГТ.

Отметим, что основным этапом интерпретации данных ВСП является стратиграфическая привязка отражений. Именно на этой стадии возможны основные методические просчеты, вследствие которых структурные построения в значительной степени могут оказаться условными и малодостоверными. Наличие качественных данных ГИС (в первую очередь материалов АК и ГК-П) позволяет существенно повысить достоверность результатов привязки. Среди наиболее распространенных упущений при проведении ВСП можно назвать следующие: дальние пикеты пунктов возбуждения часто располагают на значительных удалениях от устья скважины без должного учета ее глубины и глубины залегания целевых горизонтов, схему расположения пунктов возбуждения ("лучей") зачастую выбирают неудачно для решения последующей задачи прогноза структурного плана в наиболее интересном с геологической точки зрения направлении. Одной из возможных причин получения полевых материалов низкого качества является плохое техническое состояние приемной аппаратуры: порой не удается

обеспечить необходимый прижим регистрирующих приборов к стенкам скважин и их правильную ориентацию.

На площадях ОАО "РИТЭК" в Западной Сибири зачастую приходится увязывать сейсмические материалы разных лет и различного качества, отработанные с разными источниками сейсмических колебаний. Эта довольно болезненная проблема в большинстве случаев успешно решается специалистами ЗАО "МиМГО" на основе разработанной в этой организации методики объектоориентированной обработки [3].

Комплексирование материалов сейсморазведки.

Отличительной особенностью подхода ОАО "РИТЭК" к интерпретации комплекса данных является разнообразие используемых способов интерпретации и методических приемов. Широко применяются передовые способы интерпретации, в основу которых положена теория распознавания образов — модификация СВАН-анализа, разработанная во ВНИИ-геофизике и ВНИГНИ, "нейросейсмический" анализ, который успешно работает в Татарстане. На территории Западной Сибири хорошо себя зарекомендовали способы оптимизационного прогнозирования модели разреза за пределами разрешающей способности сейсмического метода: ЭКО, ПАРМ, ПЛК. Планами и проектами геолого-разведочных работ Компании предусматриваются так называемые сопутствующие исследования, позволяющие повысить надежность результатов интерпретации — это, прежде всего, различные геохимические исследования, гравиразведка и аэрокосмические методы.

Общепризнанным является тот факт, что при построении геологических моделей месторождений интерпретаторы сегодня все чаще вынуждены уходить от обобщенно-упрощенных представлений о строении разреза. Пликативные среднеслоистые (толщиной от первых сотен до первых десятков метров) сейсмогеологические модели с латерально выдержанными по свойствам пластами уже не могут служить основой для планирования поисково-разведочных работ и мероприятий в области разработки месторождений. Новые методики интерпретации данных сейсморазведки и ГИС, нацеленные на выявление дизъюнктивно-блокового строения среды, зон развития коллекторских свойств пород, характеризующихся сложной геометрией залегания, и тонкослоистой (толщиной от первых десятков до нескольких метров) структуры среды, должны комплексоваться с данными детальной поверхностной геохимии и аэрокосмической съемки, информацией о свойствах нефтей и на заключительном этапе с результатами гидродинамических исследований в скважинах [3, 4, 11, 12]. Для этих целей предназначено специализированное математическое обеспечение, использующее банки геолого-геофизических и промысловых данных. Только таким путем можно сегодня уменьшить неоднозначность решения "тон-

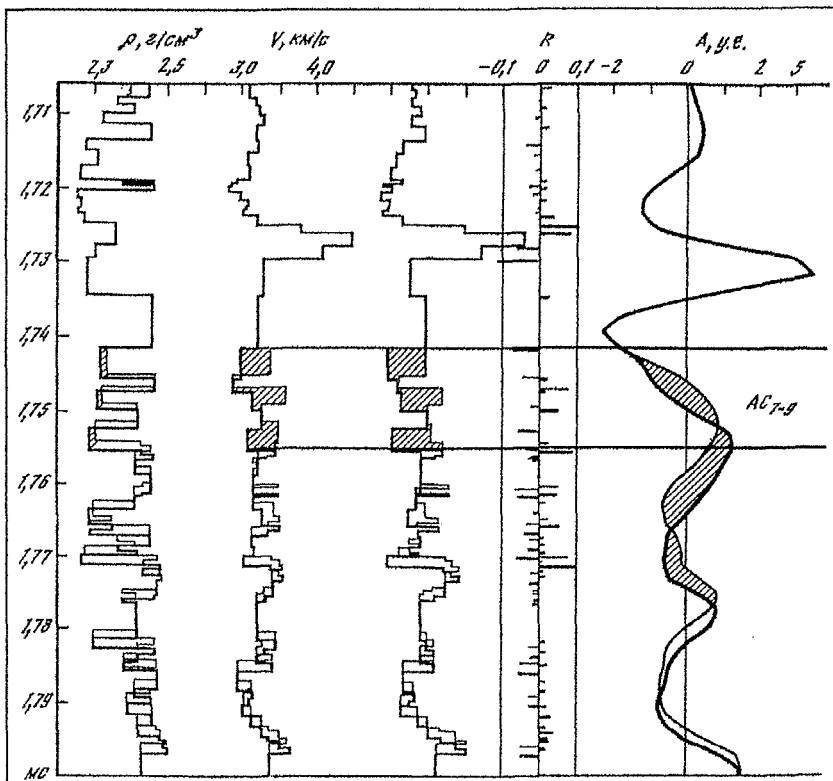
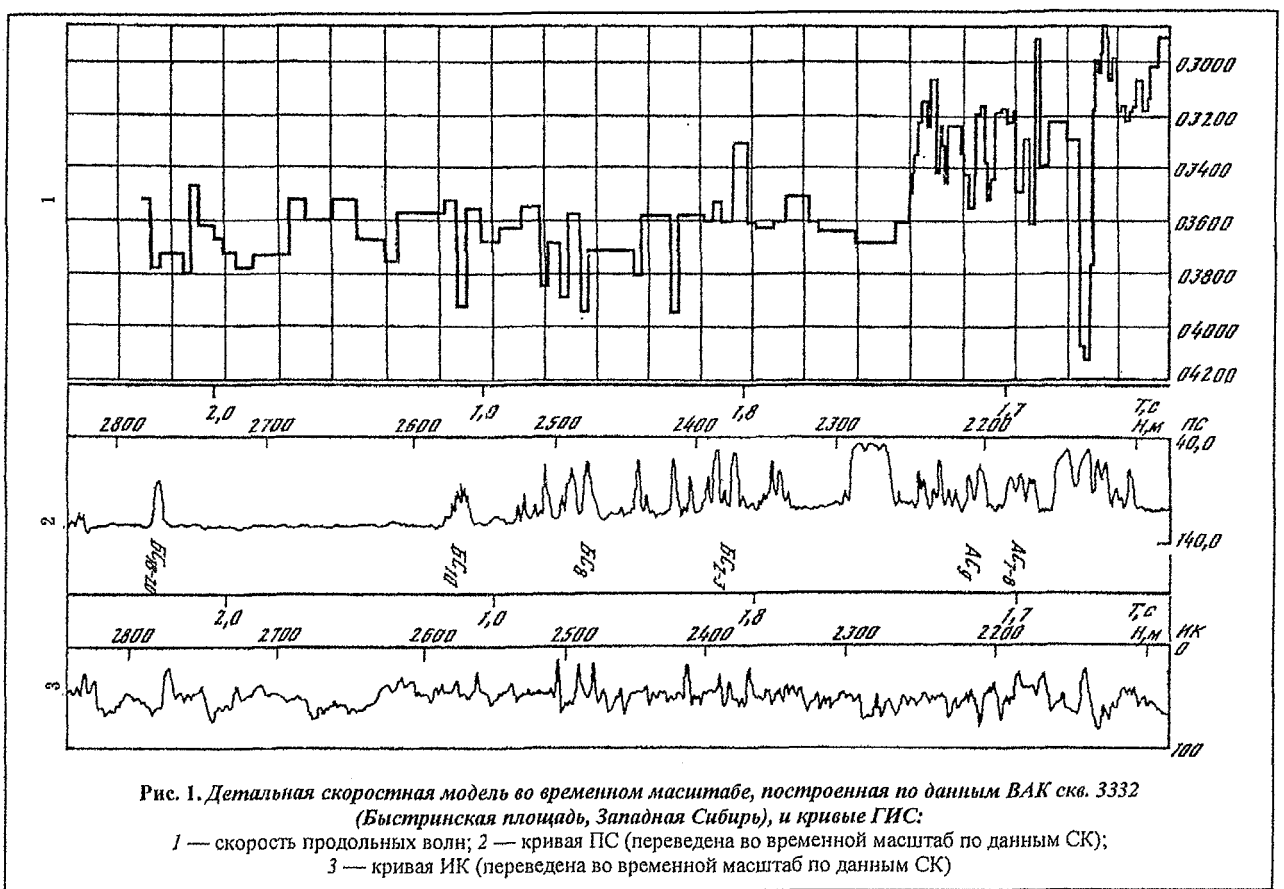
ких" интерпретационных задач. В ОАО "РИТЭК" уже разработана и осуществляется концепция построения корпоративного банка данных.

Особенности информационного обеспечения детальной интерпретации данных сейсморазведки. Сегодня уже нельзя игнорировать тот факт, что осадочный разрез Западной Сибири сложен преимущественно тонкими квазиоднородными пластами толщиной 1,5...20,0 м, которые самостоятельно не отображаются в сейсмических волновых полях [8]. На рис. 1 показана типичная для верхнеюрско-неокомского осадочного разреза Западной Сибири тонкослоистая акустическая модель, построенная по данным волнового АК в скв. 3332 Быстринского месторождения и сопоставленная с базовыми кривыми ГИС. На рис. 2 приведена оценка сейсмического эффекта, связанного со сменой характера насыщения (газ — вода) пласта АС₇₋₉ этой модели. Очевидно, что интерпретация подобных "аномалий" (штриховка на рис. 2) без привлечения информации о детальном строении среды попросту бессмысленна.

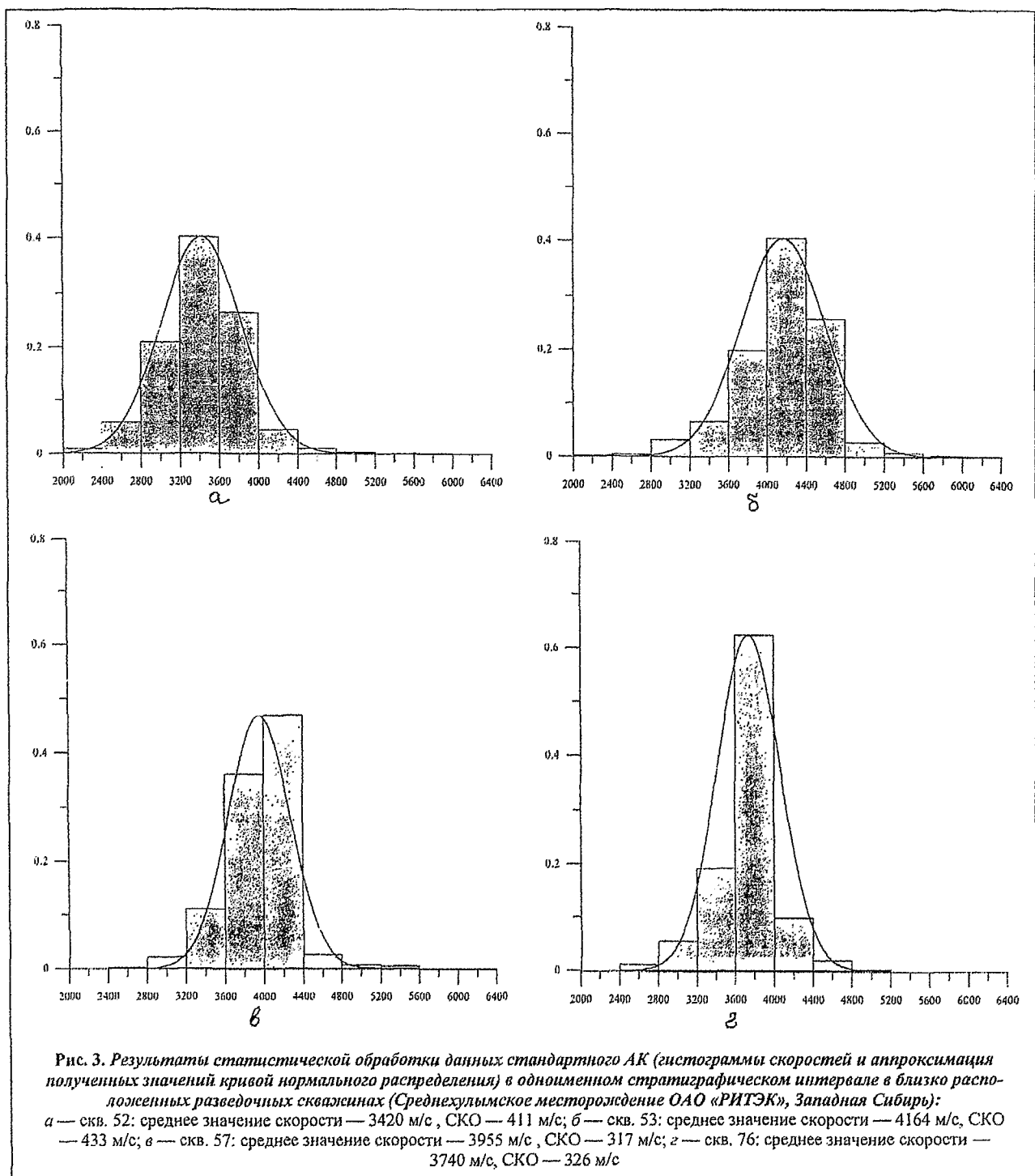
Таким образом, данные промыслово-геофизических исследований, характеризующие тонкие скоростные и плотностные особенности среды, составляют информационную базу детальной интерпретации. Результаты интерпретации данных ГИС используют для выделения литологически квазиоднородных пластов в каждой скважине, корреляции и увязки их по профилю в межскважинном пространстве с учетом стратиграфии и геометрии отражающих горизонтов, а также для оценки литологических и фильтрационно-емкостных параметров в выделенных пластах и возможной их вариации по площади в межскважинном пространстве.

К сожалению, качество проведения АК и ГГК-П в скважинах Западной Сибири зачастую оставляет желать много лучшего, и параметры в пластах литолого-акустических моделей нередко приходится корректировать различными способами. На пленарном заседании ЦКР РФ в марте 2000 г., посвященном проблемам эффективности применения трехмерной сейсморазведки, было специально отмечено отсутствие или низкое качество данных АК, ГГК и ВСП.

На рис. 3 приведены оценки распределения скоростных свойств среды в одноименном стратиграфическом интервале, полученные по данным стандартного АК в близко расположенных скв. 52, 53, 57, 76 Среднехулымского месторождения ОАО "РИТЭК" и обработанные по просьбе автора во ВНИГНИ. Подобное отличие параметров для близко расположенных скважин можно объяснить только значительными погрешностями регистрации времени пробега продольной волны в стволе скважины, не говоря уже о том, что скоростные характеристики среды, полученные в разных частотных диапазонах при проведении АК и сейсморазведки, могут отличаться на некоторую постоянную составляющую [6, 10].



Выход из создавшегося положения возможен, прежде всего, за счет широкого внедрения метода волнового акустического каротажа (ВАК), т. е. регистрации полных волновых полей в скважинах при достаточном удалении возбуждающих и приемных устройств акустического зонда. В отличие от кривых стандартного АК волновые акустические поля могут быть подвергнуты цифровой обработке с целью подавления помех (различные виды фильтрации и вычитания помех), оценки амплитудно-частотных характеристик сигнала (мгновенные фазы, частоты, амплитуды, затухание амплитуд и т. п.) и точного определения скоростных кривых в стволе скважины после процедур фазового прослеживания по продольным и поперечным волнам [6, 7]. Акустическая модель, показанная на рис. 1, была переведена во временной масштаб по скоростной кривой ВАК, а кривые индукционного каротажа и ПС — по данным сейсмического каротажа. Однако сколько-нибудь существенных "несстыковок" не наблюдается, что говорит о надежности определения



скоростной характеристики по данным ВАК. Важно отметить, что по волновым картинам ВАК достаточно четко "отбиваются" газовые контакты в изучаемых интервалах [7]. Недостающую информацию о характере насыщенности пород-коллекторов могут восполнить современные комплексные многозондовые исследования индукционного каротажа — ВИКИЗ.

В разрезе юры и неокома отмечается плохая корреляция значений скорости продольных волн и плотности [8]. Это связано, прежде всего, с большим уплотнением глин по сравнению с песчаниками на значительных глубинах. Это явление может существ-

венно осложнить детальную интерпретацию, тем более, что исследованию плотностных характеристик разреза в процессе ГИС не уделяется должного внимания.

Учитывая большой объем уже имеющейся акустической информации, полезно вспомнить прежние незаслуженно забытые методики коррекции детальных скоростных и плотностных моделей, многие из которых были разработаны еще в середине 1980-х гг. и вошли в программно-методический комплекс ГЕОСЕЙСМ ЦГЭ Миннефтепрома [9]. Методики базируются на установленных многомерных корре-

ляционных связях скоростной и плотностной характеристик пород с параметрами ГИС, литологией, происхождением и глубиной залегания породы.

Заключение. Согласно оценкам ведущих ответственных специалистов, Западная Сибирь по подготовке запасов нефти сохранит свое лидерство по крайней мере до конца первой четверти XXI в. и останется главным регионом по уровню добычи до середины текущего столетия [1]. Однако эффективное поддержание нефтедобычи и ее наращивание на отдельных территориях Западно-Сибирского НГБ невозможны без осознания сложившихся реалий, признания новых геологических идей и привлечения передовых методик интерпретации геолого-геофизических материалов с обязательным учетом специфики, присущей данному региону. В этой ситуации обеспеченность информационной базы интерпретации будет играть ключевую роль. Формирование и поддержание этой базы потребуют определенных затрат, однако выигрывают все — и нефтяные компании (за счет роста добычи, снижения геологического риска и повышения своего разведочного потенциала), и подрядные организации (за счет существенно увеличения объемов выполняемых работ).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вчера, сегодня и завтра нефтяной и газовой промышленности России* / Н.К. Байбаков и др. — М.: ИГиРГИ, 1995.
2. Славкин В. С., Шук Н. С. *О природно-геологической составляющей роста добычи нефти в Западной Сибири.*

// *Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений.* — 2001 — № 9. — С. 17—27.

3. Славкин В. С. *Геолого-геофизическое изучение нефтеносных продуктивных отложений.* — М.: МГУ, 1999.
4. *Новые геофизические технологии прогнозирования нефтегазоносности* / А.В. Овчаренко, А.С. Сафонов и др. — М.: Научный мир, 2001.
5. *Возможности вертикального сейсмического профилирования при геолого-разведочных работах на нефть и газ* / А. Н. Амиров, А. С. Якимов и др. // *Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений.* — 2001. — № 9. — С. 37—38.
6. Крылов Д. Н. *К методике обработки волновых картин цифрового акустического каротажа на ЭВМ* // *Геологические, геофизические и аэрокосмические методы поиска залежей углеводородов.* — М.: ИГиРГИ, 1988. — С. 22—24.
7. Крылов Д. Н., Стрекозин В. В. *Некоторые вопросы комплексной интерпретации данных цифрового АК* // *Вопросы обработки и комплексной интерпретации в сейсмо-разведке.* — М.: ВНИИОЭАНГ, 1989. — С. 111—116.
8. Крылов Д. Н. *Изучение детальных акустических характеристик продуктивной части разреза Быстринской площади по комплексу данных ГИС и сейсморазведки* // *Методика поисков и разведки нефтегазоносных объектов нетрадиционного типа.* — М.: Наука, 1990. — С. 78—84.
9. *ПМК ГЕОСЕЙСМ.* — М.: ЦГЭ, Миннефтепром СССР, 1987.
10. *Best slowness determination from sonic waveforms* / A. Brie et al. — Paris: Petrophysics meets Geophysics, 2000.
11. *Integrated Reservoir Studies.* L. Cosentino: IFP, 2001.
12. Krilov D. *Subtle lithoacoustic inversion of seismic data.* // *First Break.* — 1998. — Vol. 16, N 8. — P. 277—286.

УДК 550.832

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА НАСЫЩЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ОГРАНИЧЕННОЙ ТОЛЩИНЫ С ГЛУБОКИМИ ЗОНАМИ ПРОНИКНОВЕНИЯ

Г.Е. Яковлев, А.С. Якимов
(КГУ, ОАО "РИТЭК")

Геофизические исследования скважин (ГИС) являются неотъемлемой составляющей геолого-разведочных работ. Особенно большое распространение они получили в нефтегазовой отрасли, где бурение скважин сейчас просто невозможно без исследования их геофизическими методами.

По своим информационным возможностям методы ГИС относятся к детальным исследованиям, охватывающим при измерениях незначительные объемы окружающей среды. В лучшем случае радиус их исследования не превышает двух метров.

Наибольшая по сравнению с другими методами электрометрии (и вообще всех методов ГИС) глубинность исследования при высокой расчленяющей способности предопределяет использование четырехэлектродных градиент-зондов большого размера для определения характера насыщения коллекторов ограниченной толщины при наличии в них глубокого проникновения бурового раствора.

Use of long four-electrode lateral arrays enables to detect saturation type of thin reservoirs more confidently in comparison with common logs along with fine ruggedness and log radius increase in case of large drilling fluid penetration zones existence.

В то же время во многих случаях в пластах-коллекторах в процессе бурения образуются глубокие зоны проникновения бурового раствора, которые не позволяют определить истинные параметры неизмененного пласта. Особенно часто глубокие зоны проникновения наблюдаются в карбонатных коллекторах со сложной структурой порового пространства, в отложениях с аномально низкими пластовыми давлениями (АНПД), на поздней стадии эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, при увеличении глубины скважин более 3 тыс. м, при вскрытии

низкими пластовыми давлениями (АНПД), на поздней стадии эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, при увеличении глубины скважин более 3 тыс. м, при вскрытии