

УДК 550.832.4(470.57)

Салихова Ф.Х.

ООО НПЦ «Геостра», Уфа, Россия fanura_s@bngf.ru

ВОЗМОЖНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

В Республике Башкортостан имеется многолетний опыт успешного применения метода вертикального сейсмического профилирования при решении различных геологических задач с использованием разработанных в ОАО «Башнефтегеофизика» новых технологий динамического анализа волновых сейсмических полей. Внедрена инновационная организационно-технологическая форма взаимодействия нефтедобывающих и сервисных геофизических предприятий. Технология сопровождения глубокого бурения работами вертикального сейсмического профилирования с целью уменьшения экономических рисков при разведке и эксплуатации месторождений углеводородов получила название ВСП-СГБ. Показаны прогностические возможности скважинной сейсморазведки на этапе разработки уже выявленных залежей углеводородов, а также приведены примеры, когда в комплексе имеющихся геолого-геофизических данных локальная информация, предоставляемая скважинной сейсморазведкой, может существенно повлиять на дальнейшее планирование проведения поисково-разведочных работ на конкретном месторождении.

Ключевые слова: скважинная сейсморазведка, технология ВСП-СГБ, вертикальное сейсмическое профилирование, динамический анализ, поиски, разведка, нефть, месторождение, Волго-Уральская провинция.

Освоение и промышленное внедрение метода скважинной сейсморазведки – вертикального сейсмического профилирования (ВСП) с целью изучения околоскважинного пространства в Башкортостане начато в 1990 г. Во второй половине 1990-х гг. были найдены перспективные подходы к обработке и интерпретации материалов ВСП, которые легли в основу для разработки инновационных технологий интегрального динамического анализа [Пахомов, Масагутов, Салихова, 2008; Пахомов, Салихова, 2009]. Разработанные технологии интегрального динамического анализа материалов ВСП совместно с данными глубокого бурения и наземной сейсморазведки были опробованы на различных по своему геологическому строению месторождениях углеводородов (УВ). По результатам работ проведённых на месторождениях УВ, расположенных в Башкортостане, Татарстане, Оренбургской, Пермской областях и, Западной Сибири были получены положительные результаты применяемой технологии. Особенно, эффективность данной технологии, подтверждается при прогнозировании залежей УВ в условиях недостаточной плотности сети наземных наблюдений сейсморазведкой МОГТ. В настоящее время методом ВСП в Башкирии исследовано строение геологического разреза в окрестностях 338 глубоких

скважин. По результатам исследований выдано 900 рекомендаций на глубокое бурение потенциально продуктивных интервалов. На данный период реализовано более 40% рекомендаций. Из пробуренных 361 скважин прогноз нефтегазонасыщения коллекторов подтвердился на уровне ~94.5% от общего объема выполненных работ. Всё вышесказанное, на исследованных участках позволило выявить и систематизировать несколько важных, успешно реализуемых практических функций [Пахомов и др., 2006; Шувалов, Баширов, Пахомов, 2007] скважинной сейсморазведки:

- прогнозирование нефтегазоперспективности (положительный прогноз) и неперспективности (отрицательный прогноз) локальных участков;
- корректировка предшествующих оценок перспективности, сделанных по ранее выполненным геолого-геофизическим исследованиям (корректирующая функция);
- расширение информационного поля в окрестностях одиночных скважин (как нефтеносных из старого фонда, так и вновь пробуренных с положительными или отрицательными результатами) с целью доизучения или выявления залежей и обеспечения форсированного прироста запасов;
- предупреждение (или уменьшение) риска при реализации утвержденной (или подготавливаемой к утверждению) сетки глубокого бурения на различных этапах геологоразведочных работ;
- обеспечение опорной информации для подготовки проектов разработки месторождений или подсчета запасов;
- объемный контроль и оценка гидродинамических процессов в исследуемых интервалах разреза при разработке нефтегазовых месторождений и залежей (мониторинг месторождений);
- выбор оптимальных характеристик вибровоздействия на продуктивный пласт с целью повышения коэффициента извлечения нефти.

Геологическая эффективность, проявленная методом ВСП по этим исследовательским направлениям, положена в основу разработанной нами инновационной организационно-технологической формы взаимодействия нефтедобывающих и сервисных геофизических предприятий: ВСП-СГБ (сопровождение глубокого бурения) [Пахомов и др., 2006; Шувалов, Баширов, Пахомов, 2007]. По своей сути ВСП-СГБ представляет собой гибкую систему оценки проектных скважин и контроля над их разработкой, сочетающую технологии геофизического мониторинга, интерактивного комплексирования данных бурения, скважинной и наземной сейсморазведки.

Возможности применения технологии ВСП-СГБ приведем на двух примерах.

Первым является история разработки Блохинского месторождения, расположенного в юго-восточной части Благовещенской впадины. С учетом уже имевшегося успешного опыта доразведки залежей в различных тектонических регионах Башкортостана с помощью скважинной сейсморазведки геологической службой Уфимского НГДУ АНК «Башнефть» было принято решение начать подготовку к разработке месторождения с опережающих исследований его методом ВСП. С этой целью в скв. 193 были выполнены детальные наблюдения по 8 непродольным профилям, относительно равномерно распределенным по площади. Наряду с уточнением структурного поведения кровли терригенного девона, получено достаточно четкое представление о характере распространения нефтенасыщенных кыновско-пашийских коллекторов, обеспечившее подготовку оптимального проекта эксплуатационного бурения и его последующую реализацию (рис. 1).

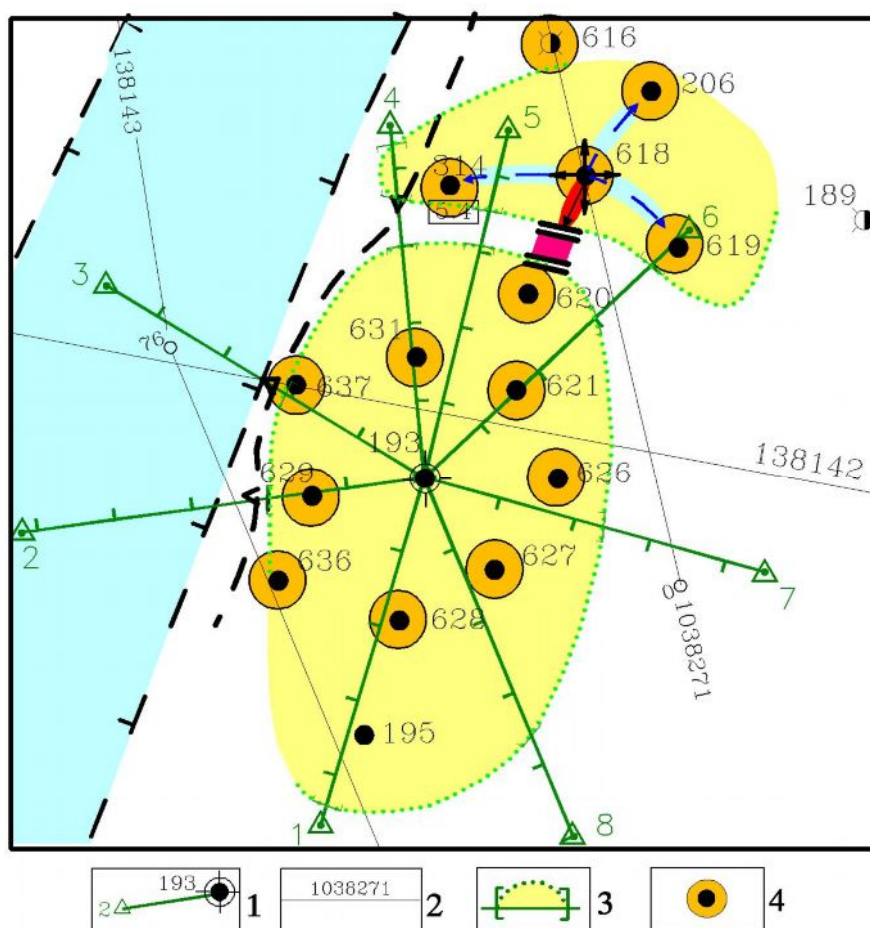


Рис. 1. Блохинское месторождение. Комплексирование скважинной сейсморазведки и бурения в режиме ВСП-сопровождения (детализация залежи в кыновско-пашийских отложениях)

1 – скважина, в которой проведены исследования ВСП, и профили НВСП; 2 – профили МОГТ; 3 – прогноз развития нефтенасыщенных коллекторов исследуемого горизонта, в данном примере – кыновско-пашийских коллекторов; 4 – скважины, пробуренные по рекомендации и на основе данных ВСП, подтвердившие наличие нефтенасыщенных коллекторов (положительный прогноз).

Особенностью разработки этого участка Блохинского месторождения является предварительное обсуждение и согласование в интерактивном режиме между специалистами Заказчика и геофизического сервиса (ОАО «Башнефтегеофизика») точки заложения каждой проектной скважины с оперативным учетом текущих результатов бурения. Такое тесное взаимодействие геологов-разработчиков и геофизиков может быть признано образцовым и рекомендовано для массовой практики. Эффективность ВСП по подтверждаемости прогнозов развития нефтенасыщенных коллекторов здесь составили 100 %. Более того, в ходе последующей эксплуатации Блохинского месторождения получено убедительное подтверждение нашего предположения о существовании узкой полосы ($\approx 100-200$ м) замещения коллектора неколлектором (четко фиксируемой по профилям НВСП 4, 5, 6), разделяющей южную и северную залежи. Здесь при переводе эксплуатационной скважины 618 в нагнетательную отмечено непрохождение закачиваемой воды в юго-западном направлении (к скв. 620) (см. рис. 1).

Второй пример использования технологии ВСП-СГБ приведен по Ново-Казанчинскому месторождению (Башкирский свод) Здесь исследования непродольным ВСП в скв. 1103 выполнены с целью экстренной оценки перспективности проектных точек эксплуатационного бурения под номером 1104, 1105 и 1106 по двум разрабатываемым объектам: турнейскому и бобриковскому. Результаты оперативной обработки и интерпретации были представлены Заказчику, для внесения необходимых корректировок в проектную сетку эксплуатационного бурения (рис. 2). Однако, геологическая служба Заказчика не учла рекомендации геофизиков и продолжало разбуривание месторождения строго по сетке первоначального проекта без каких-либо корректировок. В результате бурения подтверждение получили как положительные, так и отрицательные прогнозы геофизиков: скв. 1105 вскрыла продуктивные бобриковские и турнейские пласты, а в скважинах 1104 и 1106, как и ожидалось по данным ВСП, бобриковских коллекторов выявлено не было.

Возможности технологии ВСП-СГБ не ограничиваются прогнозом залежей на уже выявленных месторождениях, она может быть также эффективно использована и для поисково-разведочных целей в условиях, когда на исследуемых территориях недостаточна плотность сети наблюдений наземной сейсморазведки МОГТ.

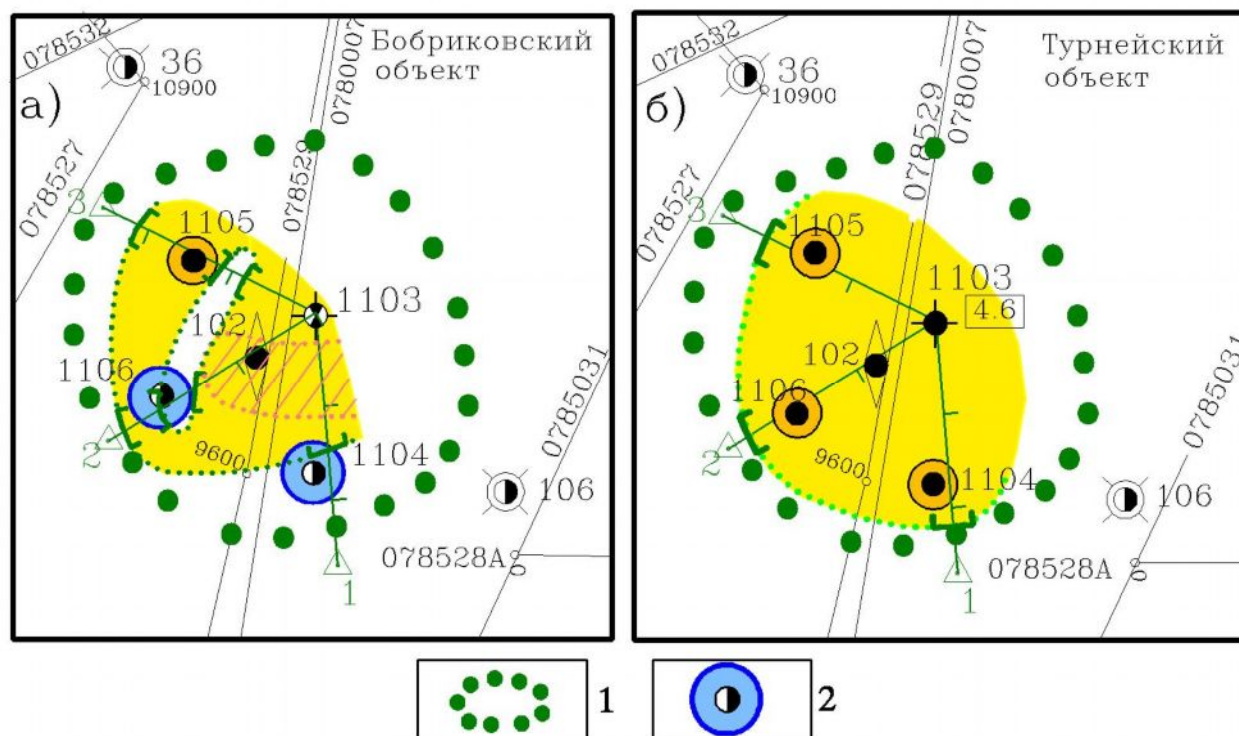


Рис. 2. Применение ВСП на этапе оценки имеющегося проекта разработки Ново-Казанчинского месторождения и последствия неучета рекомендаций ВСП: а) прогноз развития нефтенасыщенных бобриковских коллекторов по данным ВСП; б) прогноз развития нефтенасыщенных турнейских коллекторов по данным ВСП

1 – предполагаемая по данным МОГТ биогермная карбонатная постройка; 2 - непродуктивные скважины, подтвердившие отсутствие нефтенасыщенного коллектора (отрицательный прогноз). Условные обозначения см. на рис. 1.

Например: на Абдулловском месторождении, расположенном на западе Башкортостана в пределах Южно-Татарского свода, работы ВСП были выполнены в 1998 г. в скв. 31 и 688 (рис. 3). Позже, по результатам переинтерпретации имеющихся старых материалов МОГТ 2D и ВСП, кроме рекомендации по эксплуатационному бурению Абдуловского месторождения был дан прогноз нефтегазоперспективности площади к северу и северо-востоку от скв. 31. В новой интерпретационной версии поисковый акцент был сделан на предположении о существовании здесь, в нижнекаменноугольных отложениях, контрастного вала северо-западного простирания, образованного турнейским рифом, осевая линия которого могла служить контролирующим элементом для обнаружения локальных структур и приуроченных к ним залежей нефти. Для определения конкретных перспективных мест заложения новых поисково-разведочных скважин был выполнен детальный динамический анализ целевых отражений на временных разрезах МОГТ на участках, прилегающих к точкам пересечения сейсмических профилей с осевой линией рифового сооружения.

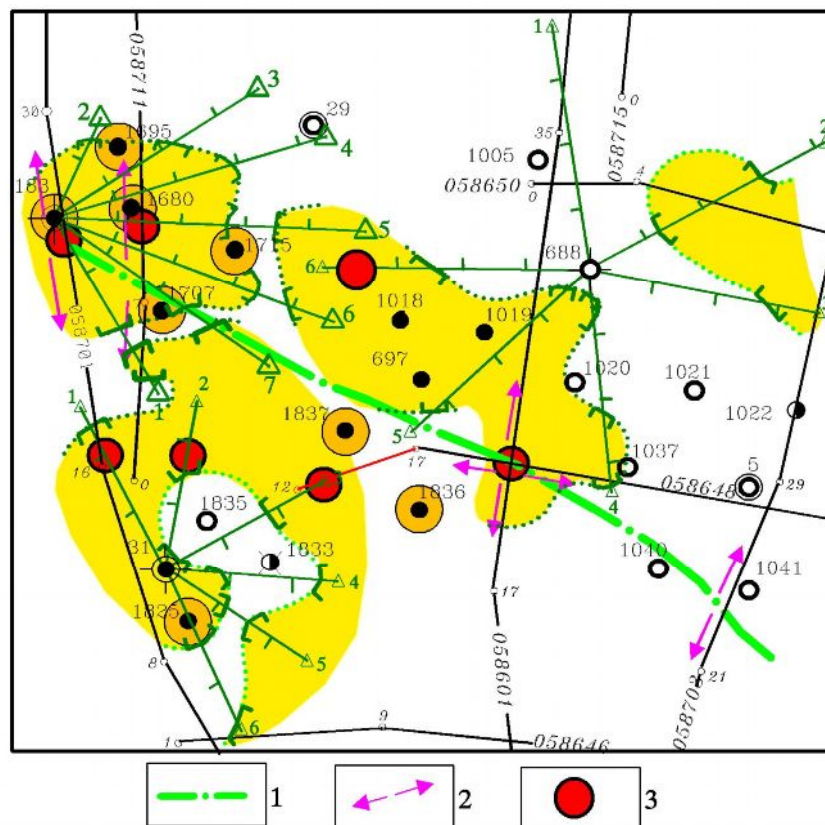


Рис. 3. Абдулловокое месторождение. Возможности ВСП при комплексировании с данными бурения и МОГТ. Прогноз развития нефтенасыщенных бобриковских песчаников и определение перспективных направлений поисково-разведочного бурения

1 – осевая линия предполагаемого турнейского биогерма; 2 – направления характерных наклонов отражающего горизонта «У» (бобриковский горизонт), подчеркивающих облекание турнейской рифогенной постройки; 3 – рекомендуемые скважины по данным ВСП. Условные обозначения см. на рис. 1.

По результатам переинтерпретации и наших рекомендаций в 2003 г. была пробурена разведочная скв. 183, которая оказалась продуктивной не только по бобриковскому и турнейскому объектам, но и вскрыла промышленно нефтеносный пласт-коллектор в терригенном девоне. По нашему предложению, в ней оперативно были выполнены наблюдения ВСП, по результатам которых подготовлен проект разработки этого участка Абдулловокого месторождения. Реализация его оказалась успешной: все четыре пробуренные скважины полностью подтвердили наши положительные прогнозы. Таким образом, с помощью ВСП в комплексе с данными МОГТ и бурения были оперативно решены задачи поиска и последующей разработки новой нефтяной залежи.

В дополнение к этим результатам отметим, что наблюдения ВСП в непродуктивной по бобриковским отложениям скв. 688 обеспечили детальное картирование и последующее промышленное освоение высокопродуктивной залежи нефти, расположенной буквально в 100 м к юго-западу от неё, то есть, по существу, выделен и оконтурен новый

нефтегазоносный объект с неопределенными до того структурно-тектонической принадлежностью и контуром нефтеносности.

Положительные результаты поисковой значимости были получены также по материалам комплексного анализа данных бурения, ВСП и МОГТ на Западно-Сергеевском участке, расположенном в центральной части Благовещенской впадины. Исследованиями ВСП в скв. 204 установлена принадлежность выявленной нефтяной залежи к горстовидной структуре, по отражению «Д₁» (кыновский горизонт) в виде локальной временной аномалии на картах изохрон (до 15-20 миллисекунд) северо-восточного простирания (рис. 4, 5).

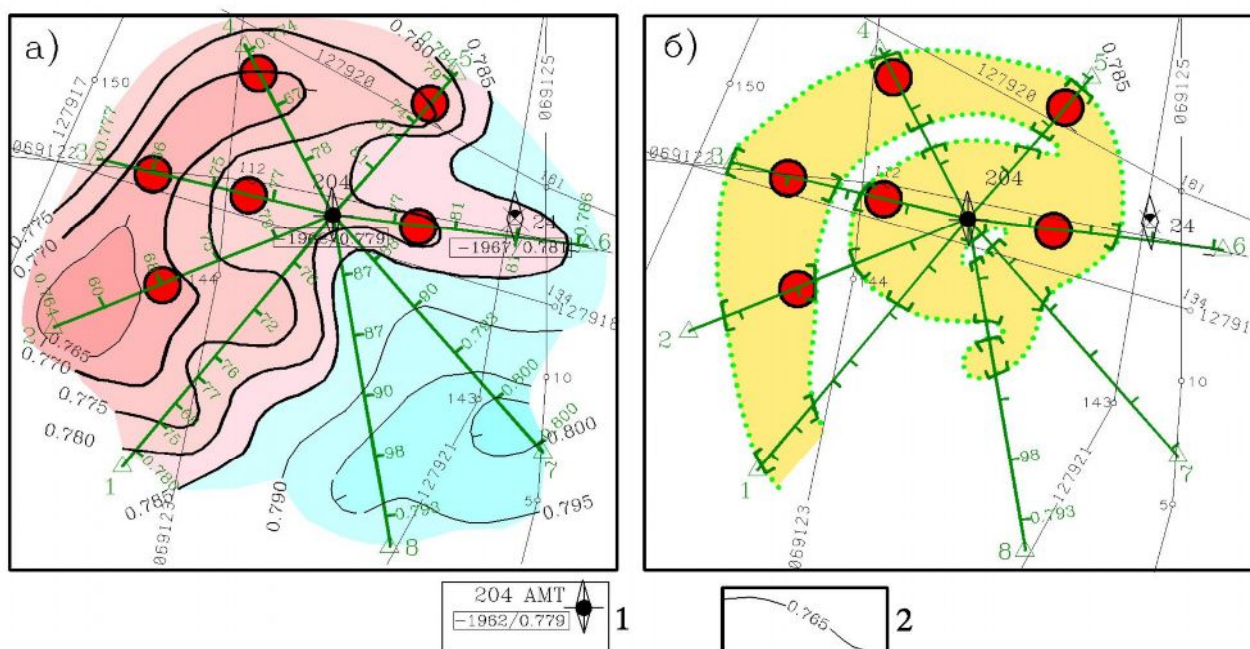


Рис. 4. Локальная информация по данным ВСП в скв. 204 (Камышбашская структура): а) карта изохрон отражения «Д₁» (кровля кыновского горизонта); б) прогноз развития нефтенасыщенных кыновско-пашийских коллекторов

1 – скважина, в которой выполнены наблюдения НВСП, абс. отметка кровли кыновского горизонта/время пробега сейсмической волны в интервале 0-D3кп (с); 2 – изохроны отражения «Д₁» (с), по данным НВСП. Условные обозначения см. на рис. 1.

Для изучаемого участка это обстоятельство явилось ключевым фактором. Поиски аналогий в региональном плане на карте изохрон привели к обнаружению большого числа локальных временных аномалий, схожих между собой по контрасту и линейным размерам. Фактором, концептуально объединяющим локальные аномалии между собой, является их линейное группирование в узкой полосе северо-восточного простирания, что дает веское основание для предположения о принадлежности этих характерных локальных объектов к единой полосе (названной нами Гуровско-Сергеевской) горстовидных структур (см. рис. 5).

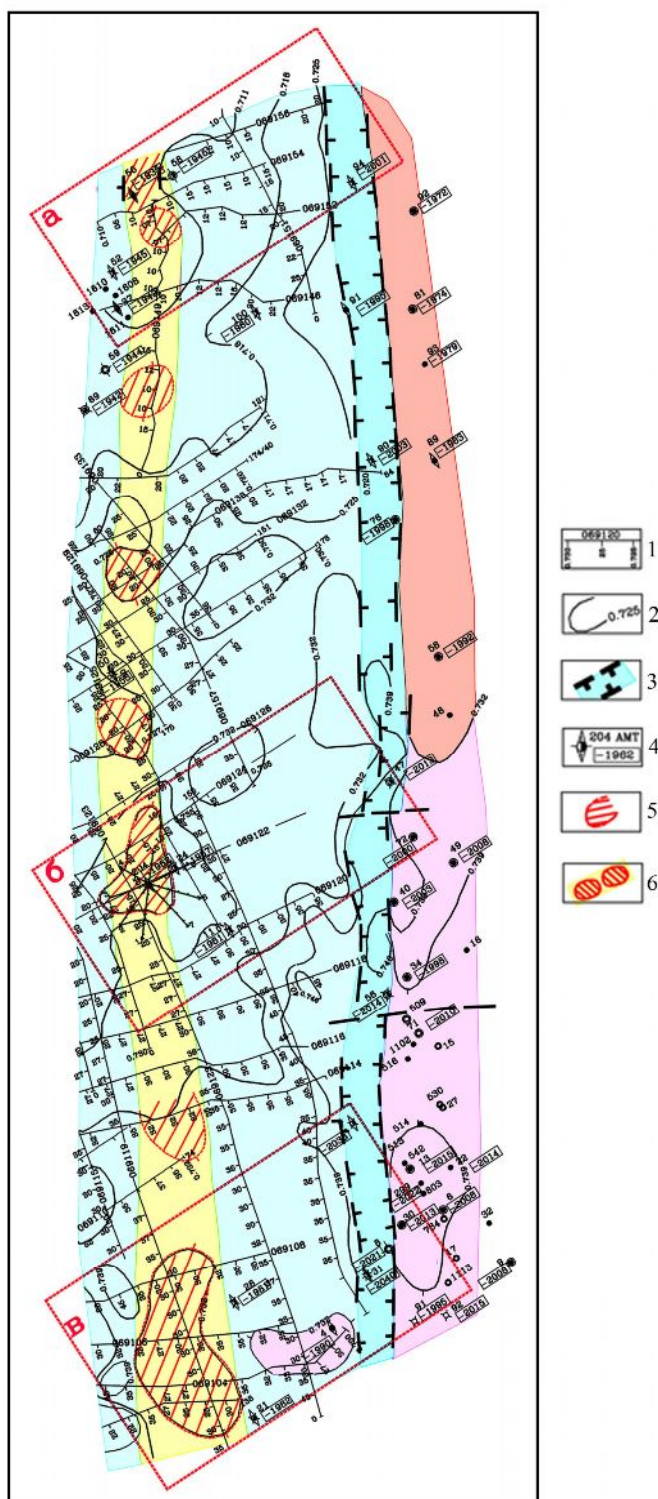


Рис. 5. Сергеевско-Гуровский поисковый участок. Возможности ВСП при прогнозировании поисковых объектов в комплексе с данными бурения и МОГТ.

1 – сейсмические профили с.п. б/91 и времена регистрации отражающего горизонта «Д₁» (с); 2 – изохроны отражающего горизонта «Д₁» (с); 3 – Сергеевско-Демский грабенообразный прогиб; 4 – скважина, в которой выполнены наблюдения НВСП и абсолютная отметка кровли кыновского горизонта (м); 5 – контуры локальных сейсмических осложнений; 6 – Гуровско-Сергеевская полоса горстовидных поднятий, предполагаемая по результатам комплексного анализа данных НВСП, МОГТ и бурения.

Существенным подкреплением этой гипотезы является выраженная субпаралельность предполагаемой полосы горстовидных поднятий и объективно доказанной бурением и наземной сейсморазведкой линией Сергеевско-Демского грабенообразного прогиба, что косвенно свидетельствует об общности их тектоногенеза.

Для структурного и литолого-физического обоснования реального существования Гуровско-Сергеевской полосы горстовидных поднятий нами был проведен обстоятельный анализ данных бурения и ГИС по имеющимся здесь глубоким скважинам, вскрывшим терригенный девон (гипсометрия продуктивного горизонта, толщины и нефтенасыщение коллекторов). Рассмотрение этих данных совместно с картой изохрон (см. рис. 5) и ее укрупненными фрагментами по северному, центральному и нижнему участкам (рис. ба-в) однозначно свидетельствуют о высокой перспективности рассматриваемой зоны для обнаружения новых залежей нефти. С этой точки зрения почти все обозначенные локальные временные аномалии представляют собой достаточно обоснованные реальные объекты для проверки их поисковым бурением.

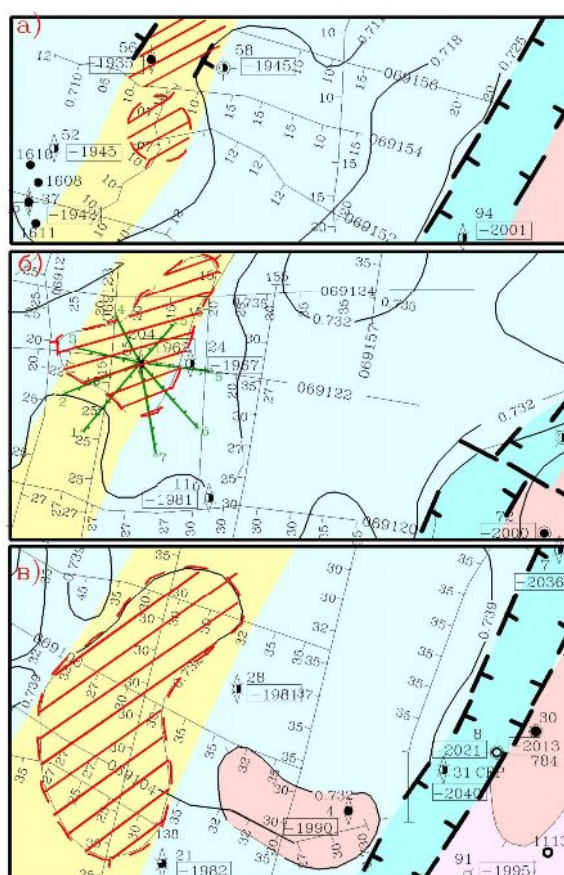


Рис. 6. Локальные аномальные участки карты изохрон отражающего горизонта «Д» (кровля кыновского горизонта) в предполагаемой Гуровско-Сергеевской полосе: а) северный (Гуровский) участок; б) центральный (Камышбашский) участок; в) южный (Сергеевский) участок

Условные обозначения см. на рис. 5.

Вместе с тем, по линейным размерам, контрастности и обоснованности глубоким бурением на смежной структуре (скв. 4) более предпочтительной представляется южная аномалия, где может быть рекомендовано заложение поисково-оценочных скважин.

Приведенные выше примеры наглядно показывают высокую значимость комплексной интерпретации геолого-геофизических данных на всех стадиях геолого-разведочных работ вплоть до эксплуатации выявленных месторождений.

В контексте с этим и, учитывая возможности работ ВСП при решении геологических задач, в условиях недостаточно плотной сети наземной сейсморазведки считаем необходимым и, безусловно, рациональным включение скважинной сейсморазведки в стандартный комплекс ГИС. Там, где обеспечена плотность сети наблюдений МОГТ, но глубина обработки и интерпретации не решают поставленных задач, рекомендуем выполнить переобработку и переинтерпретацию имеющихся данных на современном технологическом уровне. Это, по нашему мнению, особенно актуально и экономически целесообразно для нефтегазодобывающих регионов, находящихся в поздней и завершающей стадиях освоения [Масагутов, Пахомов, Салихова, 2008].

Литература

Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. - М.: Недра, 1982. - 344 с.

Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. Опыт и результаты. - М.: Наука, 1994.

Масагутов Р.Х., Пахомов В.Ф., Салихова Ф.Х. Особенности и перспективы информационного обеспечения геологоразведочных работ методами сейсморазведки на поздней стадии освоения нефтегазодобывающих регионов //Актуальные проблемы поздней стадии освоения нефтегазодобывающих регионов: мат-лы Международной научно-практической конференции (Казань, 10-12 сентября 2008 г.). – Казань: ФЭН, 2008. – С. 281-285.

Пахомов В.Ф., Масагутов Р.Х., Салихова Ф.Х. Модельно-теоретические предпосылки и реальный опыт эффективного применения ВСП при поисках, разведке и разработке месторождений //Актуальные проблемы поздней стадии освоения нефтегазодобывающих регионов: мат-лы Международной научно-практической конференции (Казань, 10-12 сентября 2008 г.). – Казань: ФЭН, 2008. – С. 331-335.

Пахомов В.Ф., Салихова Ф.Х. Технология интегрального динамического анализа волновых сейсмических полей («Индиана») //Каталог технологий ОАО «АНК «Башнефть». – Уфа: ОАО «АНК Башнефть», 2009. – С. 9.

Пахомов В.Ф., Сергеев А.А., Каждан Е.Г., Салихова Ф.Х. Опыт сервисного ВСП-сопровождения при поисках, разведке и разработке нефтяных месторождений в Республике Башкортостан //ВСП и трехмерные системы наблюдений в сейсморазведке: тезисы докладов научно-практической конференции (Гальперинские чтения-2006, Москва, ОАО «ЦГЭ», 26-30 ноября 2006 г.). – Москва: ОАО «ЦГЭ», 2006.

Шувалов А.В., Баширов И.Р., Пахомов В.Ф. Сервисное ВСП-сопровождение – универсальный метод доизучения геологических объектов и повышения эффективности эксплуатационного бурения //Нефтепромысловое дело, 2007. - №12. - С. 19-22.

Рецензент: Масагутов Рим Хакимович, доктор геолого-минералогических наук, профессор.

Salikhova F.H.

ООО NPC "Geostra", Ufa, Russia, fanura_s@bngf.ru

POSSIBILITY OF VERTICAL SEISMIC PROFILING IN EXPLORING OIL POOLS IN THE VOLGA-URALS PETROLEUM PROVINCE

The Bashkortostan Republic has accumulated a wide experience in successful applying the method of vertical seismic profiling in solving the different geological questions with using the new technologies of dynamic analysis of wave seismic fields developed at the OAO "Bashneftegeophizika". The high efficient, innovation, organizing-technologic form of interaction between oil-producing and geophysical enterprises – VSP – accompaniment of deep drilling - is introduced. The high possibilities of well seismic survey at the stage of developing already discovered hydrocarbon pools are shown. Some examples showing the key role of information received from well seismic survey for future exploration are given.

Key words: well seismic survey, vertical seismic profiling, dynamic analysis, oil, exploration, field, Volga-Urals petroleum province.

References

- Gal'perin E.I. Vertikal'noe sejsmičeskoe profilirovanie. - M.: Nedra, 1982. - 344 s.
- Gal'perin E.I. Vertikal'noe sejsmičeskoe profilirovanie. Opyt i rezul'taty. - M.: Nauka, 1994.
- Masagutov R.H., Pahomov V.F., Salihova F.H. Osobennosti i perspektivy informacionnogo obespečeniâ geologorazvedočnyh rabot metodami sejsmorazvedki na pozdnej stadii osvoeniâ neftegazodobyvaûših regionov //Aktual'nye problemy pozdnej stadii osvoeniâ neftegazodobyvaûših regionov: mat-ly Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii (Kazan', 10-12 sentâbrâ 2008 g.). – Kazan': FÈN, 2008. – S. 281-285.
- Pahomov V.F., Masagutov R.H., Salihova F.H. Model'no-teoretičeskie predposylki i real'nyj opyt èffektivnogo primeneniâ VSP pri poiskah, razvedke i razrabotke mestoroždenij //Aktual'nye problemy pozdnej stadii osvoeniâ neftegazodobyvaûših regionov: mat-ly Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii (Kazan', 10-12 sentâbrâ 2008 g.). – Kazan': FÈN, 2008. – S. 331-335.
- Pahomov V.F., Salihova F.H. Tehnologiâ integral'nogo dinamičeskogo analiza volnovyh sejsmičeskikh polej («Indiana») //Katalog tehnologij OAO «ANK «Bašneft'». – Ufa: OAO «ANK Bašneft'», 2009. – S. 9.
- Pahomov V.F., Sergeev A.A., Každan E.G., Salihova F.H. Opyt servisnogo VSP-soprovoždeniâ pri poiskah, razvedke i razrabotke nefťanyh mestoroždenij v Respublike Baškortostan //VSP i trehmernye sistemy nablûdenij v sejsmorazvedke: tezisy dokladov naučno-praktičeskoj konferencii (Gal'perinskie čteniâ-2006, Moskva, OAO «CGÈ», 26-30 noâbrâ 2006 g.). – Moskva: OAO «CGÈ», 2006.
- Šuvalov A.V., Baširov I.R., Pahomov V.F. Servisnoe VSP-soprovoždenie – universal'nyj metod doizučeniâ geologičeskikh ob"ektov i povyšeniâ èffektivnosti èkspluatacionnogo bureniâ //Neftepromyslovoe delo, 2007. - #12. - S. 19-22.

© Салихова Ф.Х., 2010.