

К вопросу о промышленном стандарте промысловой сейсмики

Феоктистов А.В., Феоктистов В.А., ЗАО "Геофизсервис", г. Саратов

Многоволновая сейсморазведка ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Появление новейших мультиканальных средств ведения наземной сейсмической разведки, ориентированных на 3D-технологии, несомненные успехи технологии МВС делают актуальным обсуждение в том же направлении и возможностей ВСП.

Современная методика интеграции наземной сейсморазведки МОГТ 2D/3D, бурения, ГИС и скважинной сейсморазведки ВСП-НВСП в поляризационной модификации получила название "промысловая сейсмика" за счёт расширения круга решаемых задач по детальному изучению околоскважинного пространства на этапе разведки и эксплуатации месторождений.

Сложность любого месторождения связана со значительной пространственной неоднородностью пористости, глинистости, трещиноватости, флюидонасыщения и т.д. Об этих пространственных изменениях нельзя получить сколько-нибудь детального представления из опробования скважин, каротажа или анализа керна. Можно надеяться их определить лишь с помощью дистанционных геофизических измерений, в частности сейсмических [1,2]. Физическим обоснованием такой возможности служат исследования параметров и характеристик, связанных со скоростями и затуханием сейсмических волн в пористых и трещиноватых породах. Были установлены их тесные связи с пористостью, глинистостью, типом и фазовым состоянием флюидов, а также напряженно-деформированным состоянием и температурой среды [2,3]. Очевидным приложением результатов

таких исследований являются технологии измерения сейсмических параметров с последующим их пересчётом через петрофизические зависимости в геологические параметры среды. Известны примеры решения таких тонких задач, как картирование пористости и проницаемости, обнаружение аномального порового давления, обнаружение трещиноватости и движения газовой шапки, прослеживание тепловых фронтов, заводнения, границ пара в продуктивном пласте, распределение многолетней мерзлоты [3]. Промысловая сейсмика - одна из таких технологий, ядром которой является поляризационный метод ВСП (ПМ ВСП) [4,5].

Основой для решения сложных задач служат: расширение количества измеряемых параметров (трёхкомпонентная регистрация), совместная интерпретация волн разных типов и интегрированная интерпретация разнородной геолого-геофизической информации (керна, ГИС, АКШ, ГГК-п, МОГТ, МПГС, МПВ, ПМВСП, ПМНВСП, ГДИ и др.). Используются амплитудно-фазовые характеристики полного вектора сейсмических колебаний упругих волн для прогнозирования петрофизических и ёмкостных свойств резервуаров - пористости, проницаемости, глинистости, песчаности, трещиноватости, характера насыщения, напряжённого состояния среды и для оптимизации решения задач разработки месторождений.

Впервые промышленный стандарт промысловой сейсмики, определяющий перечень задач и средства их решения, был представлен в работах

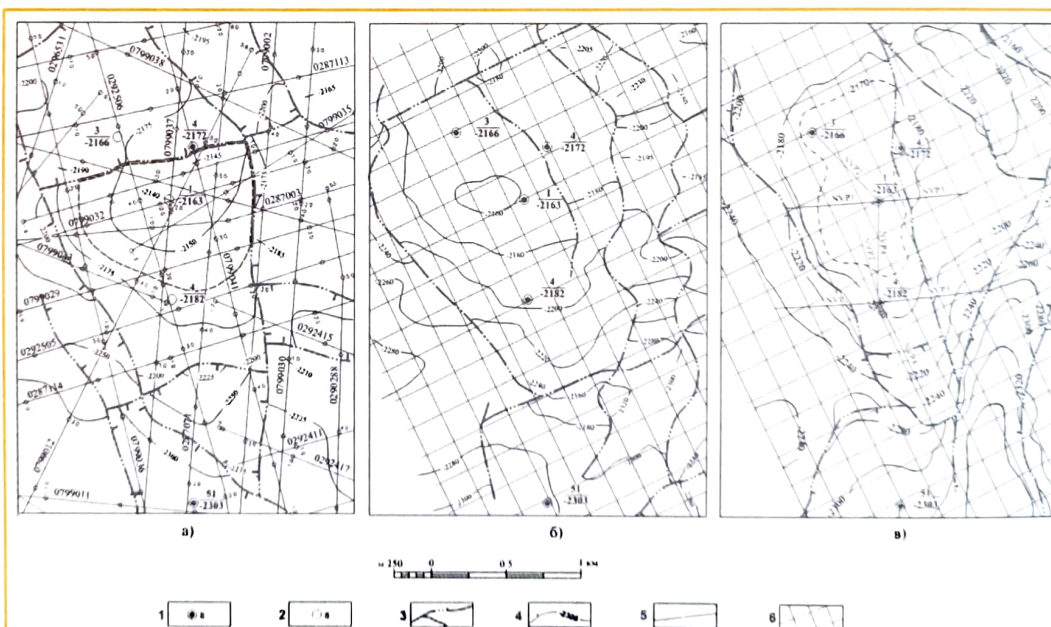


Рис. 1 Заречное месторождение. Структурная карта по подошве воробьевских отложений:

а) по данным сейсморазведки 2D (ОАО "Саратовнефтегеофизика");

б) по данным сейсморазведки 3D (ОАО "Саратовнефтегеофизика");

в) по данным сейсморазведки 3D и ПМ ВСП-НВСП скважин 1 и 4- Заречных (ЗАО "Геофизсервис")

Гальперина Е.И. в 1980-1982 гг. [4,5]. Им же были предложены и организационные решения: одновременное планирование буровых и сейсмических работ; создание специальных партий промысловой сейсмики для одновременных наземных и скважинных наблюдений.

Экономический эффект промысловой сейсмики определяется возможностью существенного сокращения числа дорогостоящих глубоких скважин, необходимого для разведки и разработки каждого месторождения. В до-рыночную эпоху, когда нефтегазодобывающие объединения сами и бурили скважины, не было заинтересованности в такой экономии. Сейчас для нефтяных компаний снижение затрат весьма актуально. Однако, научно-практическая конференция "Гальперинские Чтения-2001" (29-31 октября 2001 г., г. Москва) показала, что одновременное планирование буровых и сейсмических работ с промысловыми задачами имеет производственный характер лишь в стародобывающих районах Украины, Белоруссии, Татарстана [6]. В большинстве регионов России выполняются только отдельные элементы промысловой сейсмики. Основной упор делается на решении структурных задач, которые определяют поисковый этап и почти не задействуют огромный потенциал ПМ ВСП.

На рисунках 1-5 показан пример комплексного использования наземной и скважинной сейсморазведки при разведке малоразмерных, сложно построенных месторождений, захороненных в девоне, характерных для Волго-Уральской НГП.

В 2000 году сейсморазведкой 2D (ОАО "Саратовнефтегеофизика") подготовлено под бурение Заречное поднятие в терригенных отложениях среднего девона (отражающий горизонт nD2vb рис.1а и 2а). Поисково-оценочная скважина №1-Заречная дала промышленные притоки нефти и газа из песчаников воробьевского горизонта, несмотря на расхождение данных сейсморазведки и бурения в - 23 м, сопоставимое с амплитудой сбросов, осложняющих структуру. Заложение следующей скважины №3 проводилось уже по структурной модели трёхмерной сейсморазведки 3D, построенной в той же организации, но принципиально отличающейся в местоположении приподнятых участков и тектонических нарушений (рис.1б и 2б).

Для проверки структурных моделей были проведены независимые исследования ПМ ВСП-НВП в скважине № 1, показавшие более пологое южное погружение структуры, что позволило заложить скважину №4 с сохранением межскважинного интервала. Аналогичные наблюдения ПМ ВСП-НВП были проведены АО "Волгограднефтегеофизика" и в скважине № 4-Заречной (рис. 3, 4).

По данным поляризационной модификации ВСП была построена толстослойная скоростная модель для двух типов волн, но получить параметры анизотропии (трещиноватости), сведения о вещественном составе среды и глубинный разрез на обменных волнах исполнителям не удалось. Все три скважины продуктивны по результатам опробования в открытом стволе и колонне. Для устранения многовариантности структурных моделей на площади 3D съёмки

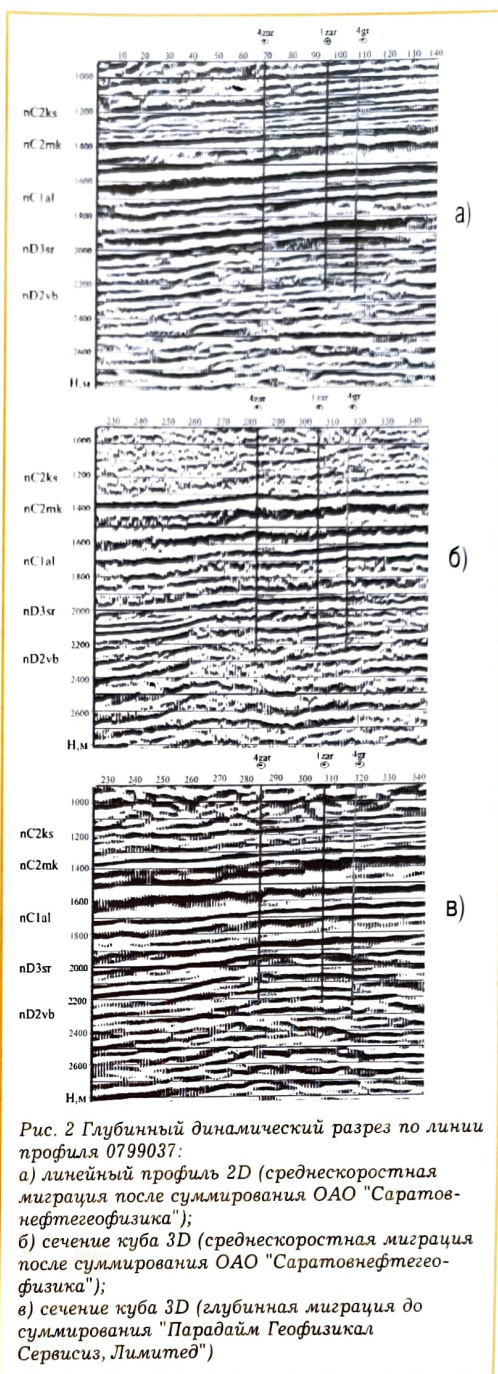
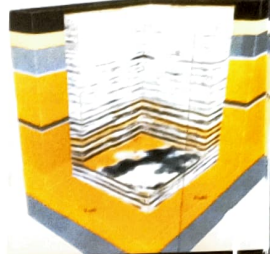


Рис. 2 Глубинный динамический разрез по линии профиля 0799037:

а) линейный профиль 2D (среднескоростная миграция после суммирования ОАО "Саратовнефтегеофизика");
б) сечение куба 3D (среднескоростная миграция после суммирования ОАО "Саратовнефтегеофизика");
в) сечение куба 3D (глубинная миграция до суммирования "Парадайт Геофизикал Сервисиз, Лимитед")

ЗАО "Геофизсервис" были проведены тематические работы по обобщению и переинтерпретации всех имеющихся материалов с привлечением услуг и технологий углубленной интерпретационной обработки компании "Парадайт Геофизикал Сервисиз, Лимитед". Предполагалось достижение качественно новых данных за счёт применения трёхмерной глубинной миграции (Pre-stack Depth Migration, PSDM) и AVO-анализа. Ожидаемый результат был достигнут лишь по решению структурной задачи (рис 1в, 2в и 5). За счёт достаточной параметрики (обобщения скоростных моделей ВСП по 14 скважинам на площади 80 км²) и выбора правильного инструмента удалось получить более контрастные признаки тектонических нарушений и уточнить структурный план терригенных отложений девонского возраста. По AVO-



МНОГОВОЛНОВАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

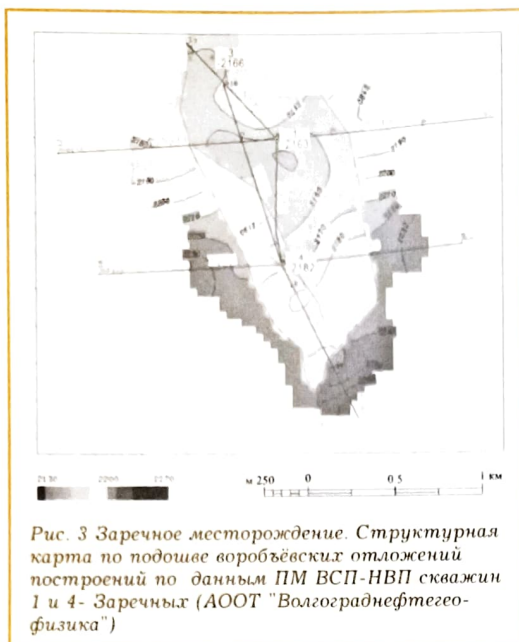
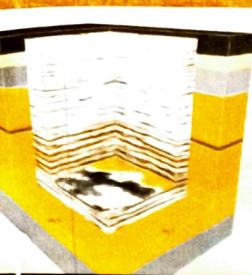


Рис. 3 Заречное месторождение. Структурная карта по подошве воробьевских отложений построенная по данным ПМ ВСП-НВП скважин 1 и 4- Заречных (АООТ "Волгограднефтегеофизика")

анализу геологическая задача не была выполнена.

Для успешного и достоверного прогноза изменения вещественного состава среды в околоскважинном пространстве по данным сейсморазведки необходимо определение связей с параметрами керна и ГИС на каждом месторождении (залежи). Это достигается с наименьшими затратами только при одновременном планировании буровых и сейсмических работ с промысловыми задачами и безусловном выполнении отраслевых регламентов и руководящих документов (стандартов).

На этапах разведки и эксплуатации месторождений фактическое лидерство в промысловой сейсмике перешло к сейсморазведке МОГТ-ЗД, ставшей уже многокомпонентной [7, 8]. Трёхмерная сейсморазведка осуществляет картирование стратиграфических, литологических, сложно-экранированных ловушек, планирование боковых и горизонтальных стволов, изучение пространственного распределения пористости и проницаемости, изучение карбонатных коллекторов. В материалах конференции "Геомодель-2000", "Геомодель-2001" специалистами "Парадайм Геофизикал Сервисиз, Лимитед" доказывается, что в сложной геологической обстановке AVO-анализ даёт возможность определить:

1 - латеральные изменения типа порового флюида, которые важны сами по себе и могут быть связаны с латеральными вариациями степени трещиноватости;

2 - оценку степени анизотропии, возможно связанной с однообразно ориентированной трещиноватостью;

3 - распределение истинных (интервальных) скоростей S-волн, необходимых для оценки напряжённого состояния среды.

При этом, скорости S-волн рассчитываются по полю P-волн. Возникает вопрос: нужны ли многокомпонентные измерения в скважинах (ПМ ВСП, многоволновая акустика) и в каком объёме? На ежегодном собрании Общества геофизиков-разведчиков (SEG) в 1998 году в Новом Орлеане голосование по вопросу: "Могут ли признаки AVO на P-волнах быть количественными или

нужны многокомпонентные данные?" продемонстрировало совершенное разногласие - 50:50 [9]. Ответ дан в регламенте по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений [РД 153-39.0-047-00], где рекомендуется, чтобы плотность разведочных скважин с полным комплексом ГИС и проведением АК и ГГК-п для достоверного прогноза структурного плана пластов и их фильтрационно-емкостных свойств по данным сейсморазведки была не ниже, чем 1 скважина на 8-10 кв.км. Рекомендуется также выполнение ВСП во всех поисковых и в 1-2 разведочных скважинах, на крупных месторождениях сложного строения - в 3-4 скважинах. В регламенте, к сожалению, не сказано о необходимости поляризационной модификации работ АК и ВСП, но это определено производственным стандартом промысловой сейсмике. Требования регламента на практике, зачастую, не выполняются. Винаваты в нарушении регламента и нефтяники и сейсморазведчики. Нефтяники за свои ошибки расплачиваются пустыми скважинами. Сейсморазведчики же от этого лишь выигрывают, так как относительно дешёвые работы ПМ ВСП заменяют на дорогостоящие работы 3Д/ЗС, которые без опорной информации скважинной сейсморазведки менее достоверны и многовариантны.

Ситуация может измениться при условии решения промысловых задач с помощью ПМ ВСП в комплексе с ГГК-п, многоволновым АК, сейсмоакустическим телевизором, пластовой наклонометрией, специальным анализом керна и переинтерпретацией наземной сейсморазведки в околоскважинном пространстве. Успешное применение скважинного комплекса доказано компанией Schlumberger, которая считает ВСП одним из методов ГИС. К сожалению, геофизики-сейсморазведчики пока мало знакомы с проблемами промысловой геологии и не могут доказать отечественным нефтяным компаниям выгоду от применения ПМ ВСП.

Результатом работ промысловой сейсмике должна быть детальная согласованная трёхмерная модель околоскважинного пространства в виде единой совокупности структурных, стратиграфических, структурно-формационных, литофациальных, емкостных и фильтрационных моделей. Наличие полного набора таких моделей

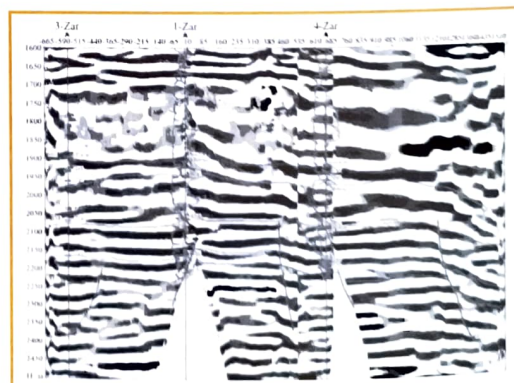
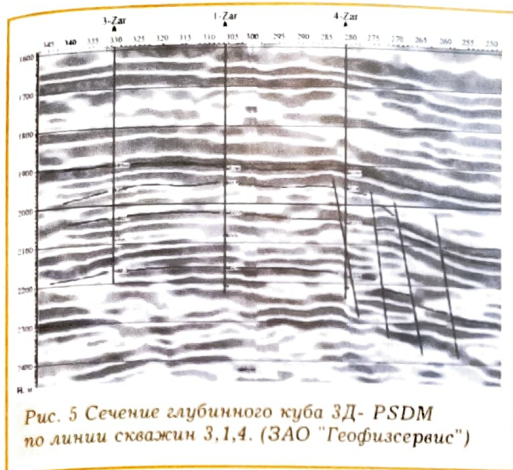


Рис. 4 Глубинный динамический разрез по линии НВП2-4 (сква.1-Заречная), ВСП-НВП4 (сква.4-Заречная) (АООТ "Волгограднефтегеофизика")



промысловой сейсмики позволит нефтегазодобывающим предприятиям:

- снизить риски и неопределённости на стадии поиска и оценки месторождений (залежей), а также разведочном этапе;
- отказаться от бурения "лишних" скважин на этапе разведки и при разработке каждого месторождения;
- повысить эффективность бурения скважин, в том числе наклонных и горизонтальных;
- обосновать мероприятия по регулированию разработки месторождений;
- планировать и контролировать мероприятия по интенсификации притоков УВ.

(без пропусков) позволит решать практически все конкретные промысловые задачи: геологические, методические и технологические [10]. Размеры моделей по латерали и по глубине определяются в каждом конкретном случае методикой и качеством полевых работ ПМ ВСП-НВП, а также объёмом переработки материалов наземной сейсморазведки. Следует иметь в виду, что прогнозирование разреза глубже забоя скважины по данным ВСП относится к успешно решаемым задачам промысловой сейсмики.

В настоящее время наблюдается снижение качества неразведанных ресурсов и подготовленных запасов [11]. Это обусловлено повсеместным уменьшением размеров и увеличением глубины подготавливаемых под бурение объектов, значительной выработанностью высокопродуктивных пластов, ростом доли трудно извлекаемых запасов, снижением дебитов вновь открываемых и разведываемых месторождений. Уменьшение размеров объектов увеличивает риски бурения пустых скважин. В таких условиях нефтяные компании вынуждены сворачивать поисковые работы и усиливать работы по интенсификации притоков действующего фонда скважин. В качестве мероприятий по увеличению нефтеотдачи (МУН) пластов широко используются различные технико-методические средства: воздействие на призабойную зону и пласт (акустическое, вибрационное, электроискровое); гидроразрыв пласта; бурение боковых горизонтальных стволов (БГС) и горизонтальных скважин (ГС). Для планирования и контроля МУН, как, впрочем, и для поиска малоразмерных и сложнопостроенных объектов, требуется детальное знание модели их строения. Следовательно доведение промысловой сейсмики до промышленного стандарта необходимо уже сегодня для всех регионов России. Это сулит выгоду и нефтяным и геофизическим сервисным компаниям.

Опыт работы ЗАО "Геофизсервис" в качестве супервайзера подрядных конкурсных геолого-геофизических работ позволил установить, что потеря качества решения промысловых задач отечественными сервисными компаниями связана с разделением обработки и интерпретации на отдельные этапы и с интеграцией результатов работ различных элементов промысловой сейсмики, вместо реализации интегрального проекта [12-14].

Внедрение производственного стандарта

Литература

1. Голф-Рахт Т.Д. Основы нефтепромысловой геологии и разработки трещиноватых коллекторов: пер. с англ. / Под ред. А.Г. Ковалева.-М.: Недра, 1986.
2. Сейсмическая томография: пер. с англ. / Под ред. Г. Нолета.-М.: Мир, 1990.
3. Авчан Г.М., Матвеев А.А., Стефанкевич З.Б. Петрофизика осадочных пород в глубинных условиях. М.: Недра, 1979. 4.
4. Амиров А.Н., Гальперин Е.И. и др. Промысловая сейсмика-сейсмические исследования на этапе разведки и эксплуатации месторождений.-М.: Изв. ВУЗов, "Геология и разведка №7", 1980.
5. Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. М.: Недра, 1982.
6. "Гальперинские Чтения-2001". Тезисы докладов научно-практической конференции на тему: "Состояние и перспективы развития метода ВСП".- М., 2001.
7. Тезисы докладов на конференции "Геомодель-2002". Геленджик, 2002.
8. Стивен Л. Роуч Многокомпонентные наблюдения добавляют новые измерения в сейсморазведку 3Д. // Нефть и Капитал, 5/2001.
9. Guillaume Cambois. Can P-wave AVO be quantitative? // The Leading Edge, November, 2000.
10. Мушин И.А. Нефтегазовая сейсморазведка и сейсморазведчики в начале XXI века. // Геофизика. - 1999. - № 1.
11. Крылов Н.А. Ресурсы нефти и газа и их добыча. // Геология и геофизика, т. 42, № 11-12, 2001.
12. Феоктистов А.В., Феоктистов В.А. Параметрическое обеспечение структурно-формационной интерпретации. Тезисы докладов научно-практического семинара "Новые методы и технологии обработки и интерпретации геолого-геофизических данных при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ", из-во Государственного учебно-научного центра "Колледж", Саратов, 1999.
13. Феоктистов А.В., Феоктистов В.А. Геологические и методические результаты применения ВСП - НВП в Саратовском регионе. Тезисы докладов "Гальперинские чтения-2001", Москва, 2001.
14. Феоктистов А.В., Аверьянова Е.Е., Феоктистов В.А. Поиск, разведка и детальное изучение месторождений горст-грабенного типа, захороненных в девоне, в современных условиях. Материалы научно-практической конференции "Инновационные технологии в области поисков, разведки и детального изучения месторождений нефти и газа", М., 2002.

МНОГОВОЛНОВАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ