



СЕЙСМОРАЗВЕДКА 2D, 3D НЕПОЛНОЦЕННА БЕЗ ВСП ПРИ ИЗУЧЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ*

Эффективность сейсморазведки 2D, 3D существенно повышается, если она проводится в комплексе с ВСП в его различных модификациях, особенно в многоволновом варианте и, конечно же, с использованием данных ГИС, промысловой геологии, бурения. Об этом свидетельствует мировой опыт последних 10 - 15 лет проведения наземно-скважинной сейсморазведки в самых разных геологических условиях. Наибольшая ценность результатов таких работ - получаемая дополнительная и более достоверная информация о геометрических и физических параметрах геологической среды. Это самая востребованная ныне нефтяниками информация. Она используется при интерпретации разрезов, построении моделей, для прогноза нефтенасыщенности и решения целого ряда геолого-технологических задач на стадиях разведки, разработки и эксплуатации месторождений.

Заметный вклад в развитие этого направления отечественной нефтяной геофизики вносит ежегодная Международная научно-практическая конференция - "Гальперинские чтения", учреждённая по инициативе ОАО "ЦГЭ", ООО "Геоверс" и Евро-Азиатского геофизического общества в 2001 г. в честь выдающегося отечественного учёного-геофизика, создателя метода ВСП - профессора Евсея Иосифовича Гальперина. Более 30 лет, с конца 1950-х и до 1990 г., он посвятил разработке и внедрению метода ВСП практически во всех регионах СССР, доказав полученными результатами высокую технологическую эффективность ВСП как разведочного метода. Уже в те годы метод получил мировое признание.

Значимость ВСП и его востребованность нефтедобывающей отрасли резко возросли с тех пор, как началось промышленное использование разных модификаций метода (ПМ ВСП, НВСП и др.) в комплексе с трёхмерными системами сейсмических наблюдений и применением продвинутых компьютерных технологий обработки и интегрированной интерпретации получаемой информации.

Последние пять лет "Гальперинские чтения" проходят под общим названием "ВСП и трёхмерные системы сейсмических наблюдений в сейсморазведке". Ежегодно конференция собирает 120 - 150 специалистов от 40 - 60 геофизических и нефтяных компаний, в т. ч. и аккредитованных в России зарубежных и смешанных компаний с иностранным капиталом. На них обсуждается до 40 - 50 докладов, презентаций и сообщений. Участникам конференции выдаются сборники рефератов докладов с аннотациями на русском и английском языках, обеспечивается перевод на английский язык. Обзорная аналитическая информация обо всех состоявшихся конференциях публикуется в "Геофизическом вестнике", выпускаемом ЕАГО, а о двух последних (2006, 2007 гг.) были публикации в журналах *First Break* (март 2007 и апрель 2008 г.) и "Экспозиция Нефть Газ" (август 2007 и апрель 2008 г.). Журнал "Технологии сейсморазведки" проблеме ВСП посвятил специальный выпуск (№ 1, 2004).

Настоящий выпуск полностью составлен из материалов "Гальперинские чтения-2007". В него вошла только половина статей на темы прозвучавших там докладов, но они в достаточной мере освещают основное содержание конференции. Из широкого круга рассматриваемых проблем выделяется два магистральных направления исследований, которым уделяется основное внимание исполнителями и заказчиками работ ВСП как в постановке экспериментального опробования новых методических разработок, так и при проведении чисто производственных работ. Первое направление - это совершенствование и выбор оптимальных систем совместных наземных 2D- или 3D- и скважинных ВСП наблюдений в его различных модификациях для выявления и использования их преимуществ и устранения недостатков с целью повышения разрешающей способности метода и точности структурных построений, в особенности в околоскважинном пространстве, а также для ослабления волнового поля помех и для решения других задач. Второе направление - использование многокомпонентной регистрации разных типов сейсмических волн (*P, S, PP, PS* и др.) с целью определения петрофизических пара-

* По материалам конференции "Гальперинские чтения-2007".

метров среды - пористости, плотности, проницаемости, коэффициента Пуассона, отношения скоростей продольных и поперечных волн, трещиноватости, анизотропии, необходимых для прогнозной оценки ресурсов и подсчёта запасов нефти и газа.

В рамках указанных двух основных направлений исследований существуют и нередко возникают в зависимости от условий работ новые методические и геологические задачи отнюдь не меньшей важности и сложности. Поэтому практически большая часть работ по ВСП носит творческий, исследовательский характер.

Теоретические разработки всегда подкрепляются результатами их проверки на моделях и на реальных материалах. Примером этому являются практически все статьи настоящего сборника, в том числе три статьи специалистов Геверса и ЦГЭ. Так, в статье В. Н. Ференци, А. А. Табакова и др. рассматриваются результаты применения на модельных и реальных данных ВСП и 2D/3D-ВСП нового метода автоматической модель-базированной селекции волновых полей, позволяющего существенно ускорить процесс обработки и повысить её эффективность. В статье Ю. А. Степченкова и др. предложен метод нахождения параметров двумерной слоистой модели среды с гладкими отражающими границами. Оценка параметров скоростной модели среды проводится по технологии, использующей данные МОГ и 3D-ВСП с увеличивающимся числом источников возбуждения сейсмических волн, целый ряд специальных поэтапных процедур обработки данных, позволяющих в конечном итоге добиться эффективного решения задачи. В работе А. А. Мухина и др. описывается технология моделирования волновых полей для трёхмерных непараллельно-слоистых сред. Метод имеет преимущества перед аналогичными прежде всего в том, что позволяет получать поля только определённых типов волн, если другие не представляют интереса или являются помехами. Из серии теоретико-методических работ серьёзное внимание уделяется задачам, реализуемым с применением процедуры миграции, в особенности при наблюдениях НВСП.

В статье Д. Неклюдова и И. Бородина (Новосибирский институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН) представляется интересный способ построения глубинных изображений среды, использующий специальным образом модифицированный алгоритм миграции данных НВСП, для сложного геологического строения околовскажинного пространства и при этом с неизвестной верхней частью разреза или для разреза ниже забоя скважины. Причём способ этот применим для *PP*- и для *PS*-отражённых волн, а также для проходящих волн *PS*. В другой статье специалистов ИНГГ СО РАН И. Сильвестрова и Д. Неклюдова рассматривается многокомпонентная глубинная миграция данных НВСП с использованием техники продолжения волнового поля в обратном времени для случаев, когда миграция данных поверхностной сейсмике не позволяет получать достоверные изображения целевых областей геологического разреза. Для подавления артефактов миграции применяется миграция по методу наименьших квадратов. Приводится пример миграции синтетических данных НВСП в сравнении с результатами двух предыдущих подходов.

В статье В. А. Редкопа, А. Н. Касимова и др., совместно подготовленной специалистами ПетроАльянса и Вим-Сейс-Технологии, рассматривается эффективность не менее десятка методических приёмов обработки и интерпретации данных НВСП для решения различных геологических задач. Но авторы здесь в качестве основной ставят задачу оценки программы сеточной миграции Meikon2D при полномасштабном моделировании структурных неоднородностей среды на моделях сложной геологии (тонкслоистость, крутые углы наклона пластов, тектонические нарушения и др.) применительно к материалам НВСП. Полученные ими результаты убеждают в необходимости проведения таких исследований при проектировании системы наблюдений ВСП, чтобы обеспечить получение достоверных глубинных разрезов на НВСП.

Большое практическое значение имеют результаты многолетних теоретико-экспериментальных исследований природы волн, формируемых в коллекторах, проведённые в НИИфизики им. В. А. Фока Сакт-Петербургского ГУ, изложенные в статье Г. В. Голиковой и М. В. Чижовой. Ими выполнено обобщение свойств полей интерференционных волн, формируемых в системе флюидонасыщенных слоёв, содержащих коллекторы. Для изучения строения таких толщ предлагается методика использования интерференционных волн по скважинным (трёхкомпонентным) и наземным наблюдениям с применением ряда специальных процедур - построения сейсмической модели, численного моделирования, обработки и анализа спектрального состава теоретического и экспериментального полей, в результате чего разрабатываются критерии распознавания зон нефтенасыщения и создаётся возможность оконтуривания месторождения

Сервисной компанией “ПетроАльянс”, традиционно выполняющей большой объём работ методом ВСП, представлено несколько статей, подготовленных совместно с их партнёрами. Эти статьи интересны прежде всего тем, что в них, наряду с результатами применения стандартных методов работ ВСП, приводятся примеры уникальных исследований. Например, статья М. В. Чертенкова, А. Е. Соболева и др. о зависимости скорости *P*-волн от температуры в горных породах с битуминозной нефтью, выявленной авторами на основе использования данных ВСП. Решение этой задачи для месторождений с высоковязкой нефтью и битумных залежей имеет большое значение, особенно в связи с наблюдаемой тенденцией к снижению доли месторождений лёгких нефтей. Другая статья от ПетроАльянса - “Методологические аспекты использования данных многоволнового многоканального акустического каротажа” (авторы С. В. Добрынин, В. П. и А. В. Стенины) рассматривает с позиций оценки точности измерения как сейсмических, так и каротажных параметров среды (скоростей *P*- и *S*-волн, влияния пласта на общее волновое поле ОГТ или ВСП, диагностические признаки AVO-анализа и т. д.) результаты прогноза фильтрационно-ёмкостных свойств пород коллекторов, проведение инверсии временных разрезов в трассы пластовых параметров среды - скоростей, плотностей, акустических импедансов, что требуется знать при построении геологических моделей залежи, для определения формы сигнала на ОГТ и ВСП и идентификации

их с данными ГИС. Не менее интересна совместная статья специалистов ПетроАльянса, Лукойла, Лукойл-Коми и Шлюмберже Лоджелко Инк, в которой рассматривается технология комплексного анализа результатов применения разных методов изучения трещинных коллекторов для выявления зон повышенной проницаемости карбонатных пород на основе анализа данных ВСП и метода FMI (измерения электрического сопротивления пород у стенок скважины для определения фильтрационных свойств рифогенных построек).

Сотрудниками МИФИ А. В. Деровым и Г. А. Максимовым предложен оригинальный способ определения линейных размеров трещин, когда в процессе проведения ВСП в скважине, пересекаемой заполненной флюидом трещиной конечного размера, возбуждается гидроволна. Используя специальный математический аппарат, предложенный авторами, вычисляются амплитуда и форма генерируемых гидроволн, а по ним определяются размеры трещин.

В статье Г. А. Шехтмана (ВНИИгеофизика) и А. В. Череповского (ION) приводится пример более надёжного выделения погребённой рифовой постройки на временных и глубинных разрезах ВСП ПИ (с подвижным источником), чем на разрезах НВСП. Применялось лучевое и полноволновое моделирование полей, в которых присутствие рифа на вертикальном профиле проявляется аномально высокими значениями кажущихся скоростей отражений от его поверхности.

ОАО «Пермнефтегеофизика» имеет многолетний опыт работ по ВСП, особенно продуктивный в комплексировании с наземными 2D- и 3D-наблюдениями, при решении весьма сложных геологических задач, характерных для очень непростой сейсмогеологической обстановки Пермского Прикамья. Путём использования различных модификаций ВСП здесь успешно изучалось околоскважинное пространство, активно использовались поперечные и обменные волны для определения физических параметров среды, таких как, например, трещиноватость, анизотропия, и для структурных построений временных и глубинных разрезов по продольным и поперечным волнам. Данные ВСП использовались также для уточнения и повышения достоверности результатов наземной, в том числе 3D-, сеймики. От Пермнефтегеофизики представлена статья Ю. В. Чудинова с коллегами, в которой приводится ряд примеров успешного применения НВСП в решении задач изучения околоскважинного пространства на этапе эксплуатации месторождений.

Заметную роль в развитии метода ВСП в российской геофизике, как и упомянутые выше компании, имеют широкомасштабные работы ОАО «Башнефтегеофизика» с её дочерними предприятиями не только на территории Башкортостана, но и в Западной Сибири, Оренбуржье и в других районах. В этом сборнике публикуются три статьи специалистов ЗАО НПЦ «Геостра», специали-

зированной по ВСП предприятия, действующего в составе Башнефтегеофизики. Авторы этих статей В. Ф. Пахомов, А. А. Сергеев, Ф. Х. Салихова, Р. Я. Адиев и др. подробно описывают результаты многолетних работ, проведённых в разнообразных геологических ситуациях. Огромный опыт выполненных в более чем 270 скважинах ВСП в его различных модификациях и в комплексе с наземной сейсморазведкой 2D/3D и ГИС позволил им создать научно и экспериментально обоснованную технологию, названную ими «ВСП-сопровождение глубокого бурения на различных этапах геологоразведочных работ». Помимо стандартных задач, решаемых методом ВСП по изучению волнового поля во внутренних точках среды, определения истинных значений скоростей распространения волн, эта технология выявила и вобрала в себя целый ряд таких практических функций скважинной сеймики, как прогноз нефтеперспективности и неперспективности участков, коррекцию их предшествующих оценок, мониторинговый объёмный контроль и оценку гидродинамических процессов в продуктивных интервалах разреза при разработке залежей УВ, особенно при изучении карбонатных объектов; выбор оптимальных характеристик вибровоздействия на пласт с целью повышения КИН; уменьшение риска при реализации утверждённой сетки бурения на разных этапах ГРП и множество других задач, непосредственно связанных с повышением добычи нефти. Авторы докладов специально подчёркивают значимость творческого взаимодействия со специалистами нефтяных компаний в процессе ВСП-сопровождения и приводят несколько примеров успешного сотрудничества в достижении эффективных результатов на всех этапах ГРП. Особенно впечатляет установившийся порядок принятия решений нефтяной компанией исключительно по рекомендациям Башнефтегеофизики, составленным на основе проведения комплекса исследований по технологии ВСП-сопровождения. Нетрудно представить, какой существенной экономии средств и сокращения сроков, объёмов бурения и прироста запасов можно достичь только от корректировки сетки бурения, от уточнения контура залежи, от уточнения коэффициента удачи разведочных работ на стадии их проектирования или на стадии доизучения эксплуатируемого месторождения. Анализируя свой богатый опыт, Башнефтегеофизика вполне обоснованно предлагает сервисным геофизическим компаниям принять на вооружение разработанную ими технологию ВСП-сопровождения.

В заключение следует поблагодарить компании, поместившие в данном сборнике свои рекламные странички, без чего это издание вряд ли бы состоялось. И ещё хочется выразить сожаление о том, что не все из интересных и полезных для дела ВСП статей из программы прошлогодней конференции по разным причинам, не зависящим от составителей и редакционной группы, опубликованы в этом сборнике.

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Виктор Сергеевич МАНУКОВ - начальник отдела научно-технического сотрудничества ОАО «ЦГЭ», руководитель программного комитета конференции «Гальперинские чтения».