



ЕАГО

Евро-Азиатское
Геофизическое
Общество



ЦГЭ

ОАО «Центральная
геофизическая
экспедиция»

«ГАЛЬПЕРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ-2001»

Научно-практическая конференция на тему:
«Состояние и перспективы развития
метода ВСП»

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Москва
29 – 31 октября 2001г.

Редакционная группа:

Табачков А.А., Зингер Ю.Б., Гальперина Р.М., Мануков В.С.

Компьютерная верстка:

Крупченкова Л.П., Данилова Л.В.

Отпечатано в Филиале РАО «ЕЭС России» – Типография

103074, Москва Китайгородский проезд, дом 7

Содержание

	Стр.
<i>О Е.И.Гальперине-Трудовой</i> путь в геофизике, ученый и человек (к 80-летию со дня рождения Е.И.Гальперина).....	9
<i>Раздел 1. Вопросы теории, методики и программного обеспечения при изучении околоскважинного пространства</i>	15
<i>Г.Н. Гогоенков, А.А. Табаков.</i> Современное состояние и перспективы развития метода ВСП.....	15
<i>И.Е. Солтан, А.А. Табаков, П.И. Чистов, В.Н. Ференци.</i> Оценка истинных амплитуд изображений околоскважинного пространства на продольных и поперечных волнах с использованием лучевых преобразований векторных волновых полей ВСП на базе трехмерной модели среды.....	17
<i>В.М. Кузнецов.</i> ВСП при решении задач многоволновой поляризационной сейсморазведки (МВПС).....	20
<i>А.В. Басев, А.А. Табаков, И.Е. Солтан.</i> Об инверсии и миграции данных ВСП.....	26
<i>Г.В. Голикова, М.В. Чижова.</i> Результаты поляризационно-динамической интерпретации полей отраженных и преломленных волн, формируемых во флюидонасыщенных отложениях (по материалам ВСП).....	29
<i>А.А. Табаков, В.С. Бикеев, К.В. Баранов, И.В. Яковлев, А.Ю. Барков.</i> Методика совмещенных наземно-скважинных наблюдений "Локальный проект 3Д+ВСП" для детального изучения околоскважинного пространства.....	32
<i>Г.А. Шехтман.</i> Состояние и перспективы развития модификаций метода ВСП.....	34
<i>В.Н. Ференци, А.А. Табаков, Г.Ю. Мельников, К.В. Баранов, А.К. Душутин.</i> Детальная оценка акустических импедансов разреза во вскрытой части и ниже забоя скважины по данным ВСП.....	39
<i>А.А. Тихонов, А.Н. Касимов, А.А. Шевченко, С.В. Добрынин.</i> Применение и развитие идей Е.И.Гальперина при проведении многокомпонентных скважинных исследований в СК "ПетроАльянс".....	41

<i>Ю.Д. Мирзоян, Ю.В. Коноплев, Д.М. Соболев.</i> Развитие и внедрение промысловой сейсмики в нефтегазовую геологию.....	42
<i>В. Н.Обрежа.</i> О поляризации сейсмических волн.....	47
<i>А.А. Табаков В.П. Бандов, Г.Г. Сафиуллин, Н.М. Ахметшин, В.Г. Божedomов.</i> Новые технологии ВСП при оконтуривании малоамплитудных нефтегазовых структур.....	53
<i>А.П. Сорокин, Г.В. Мезедь.</i> Петрофизические свойства резервуаров углеводородов в гетерогенной анизотропной среде по данным ПМ ВСП и ГИС.....	55
<i>В.Г.Козлов, А.З.Кильметьев, В.А.Силаев, А.И.Шляпников.</i> Глубинное сейсмическое торпедирование - перспективное направление изучения околоскважинного пространства.....	59
<i>В.А. Ленский, Т.С. Мамлеев.</i> Роль обменных волн в решении задач ВСП.....	62
<i>К.В. Баранов, А.К. Душутин.</i> Оценка разрешающей способности ВСП с использованием математического моделирования.....	67
<i>В.Н. Ференци, И.В. Яковлев, А.Ю. Барков.</i> Редактирование гармонических и всплесковых шумов в записях ВСП.....	69
<i>А.А. Табаков, И.Е. Солтан, К.В. Баранов, А.К.Душутин.</i> Определение параметров анизотропной параллельно-слоистой модели среды путем оптимизационного решения обратной кинематической задачи для годографов первых вступлений ВСП из нескольких пунктов возбуждения.....	70
<i>А.А. Табаков, П.Е. Солтан, А.К. Душутин, П.М. Боков, К.В. Баранов.</i> Оценка трехмерной модели среды по трехкомпонентным наблюдениям ВСП.....	73
<i>С.И.Александров</i> Новые методы обработки данных пассивного сейсмического мониторинга	75
<i>А.В. Николаев, Б.М. Шубик.</i> Сейсморазведка методом эмиссионной томографии	78
<i>Раздел 2. Результаты проведения исследований методами скважинной сейсморазведки в различных регионах.....</i>	82

<i>Г.З. Валеев, Р.Я.Адиев, В.Ф.Пахомов, Ю.Г.Антипин, М.Ю.Зотеева.</i> Состояние и перспективы развития скважинной сейсморазведки в ОАО "Башнефтегеофизика"....	82
<i>Т.Н. Ишуев, Г.Н. Знатокова, А.А. Звезинцев.</i> Вертикальное сейсмопрофилирование на поздних стадиях разведки и разработки нефтяных месторождений Татарстана.....	85
<i>В.Г. Козлов, Б.В. Дроздов, Р.Ф. Лукьянов.</i> Некоторые результаты применения скважинной сейсморазведки в условиях Пермской области.....	86
<i>Ю.Д. Мирзоян.</i> ПМ ВСП, опыт и результаты его применения в различных средах (суша, море).....	89
<i>А.М. Тюрин.</i> Оценка достоверности результатов ВСП - необходимый этап их интерпретации в регионах с контрастным проявлением соляной тектоники	93
<i>В.Н. Бескопыльный, В.М. Громыко.</i> Применение ВСП при геолого-геофизическом сопровождении бурения скважин на нефть и газ.....	97
<i>Е.Р.Кириллов.</i> Применение непродольного вертикального сейсмопрофилирования с целью выявления девонских локальных объектов в околоскважинном пространстве	102
<i>А.Н. Касимов, В.П. Стенин, З.И. Газарян.</i> Корректировка места заложения скважин по результатам комплексной интерпретации данных многолучевого ВСП, ГИС и сейсморазведки.....	105
<i>Р.Я. Адиев, Ю.Г. Антипин, В.П. Федорова, И.М. Кучумова.</i> Некоторые результаты практической реализации возможностей скважинной сейсморазведки.	107
<i>Д.П. Земцова, Н.П. Шкирман, А.Н. Долинин.</i> Изучение детального строения Восточно-Прибрежного газоконденсатного месторождения на основе наземно-азимутальных и скважинных наблюдений МОВ-ОГТ.....	109
<i>Д.М. Мурзагалиев, Д.Х. Хасанов.</i> Сейсмоакустические модели карбонатных отложений по данным ВСП и 2Д-МОГТ.....	113
<i>А.Н.Мищенко, Н.В. Бублик</i> Изучение околоскважинного пространства методом ПМ ВСП на территории Днепровско-Донецкой впадины.....	116

<i>А.Ю.Щеголихин, В.В.Клочков.</i> Опыт и результаты совместной интерпретации данных трехмерной сейсморазведки ВСП на территории полтавской области Украины.....	118
<i>А.В. Феоктистов, В.А. Феоктистов.</i> Геологические и методические результаты применения ВСП-НВП в саратовском регионе.....	119
<i>А.Г.Скворцов</i> Применение ВСП при геокриологических и инженерно-геологических исследованиях.....	123
<i>Раздел 3. Аппаратура для скважинных сейсмических исследований</i>	125
<i>Т.С. Мамлеев, В.Н. Даниленко, В.П.Бандов, В.В.Дмитриев, Г.Г. Сафиуллин, Н.М.Ахметшин.</i> Аппаратура АМЦ-ВСП-3-48, ее особенности, опыт применения и перспективы использования.....	125
<i>Ш.Г. Гарайшин, Р.Я. Адиев, В.А. Глушков, С.М. Васильев, В.В. Лесников.</i> Аппаратурно-программный комплекс регистрации и экспресс-обработки данных скважинной сейсморазведки.....	130
<i>С.В. Полозов, Ю.И. Колесников.</i> Цифровая телеметрическая система для проведения скважинных сейсмических наблюдений.....	135
<i>В.П. Бандов, А.Ф. Косолапов, Е.Т. Захаров, Г.Г. Сафиуллин, Н.М. Ахметшин, В.Н.Пшеничников, В.С. Симаков.</i> Метрологическое обеспечение технологии ВСП.....	140
<i>В.П. Бандов, Н.М. Ахметшин, Е.Т. Захаров, Г.Г.Сафиуллин, Е.В. Шарова, А.А. Шипилов.</i> Технологическое программное обеспечение для современного аппаратурного комплекса ВСП.....	143
<i>С.Ю. Антипин.</i> Новая характеристика скважинных сейсмических зондов.....	146
<i>В.А. Багмут, М.Г. Герасимов, А.Э. Сайганов, В.А. Рюмин.</i> Сейсмическая скважинная аппаратура. Проблемы разработки и применения.....	148
<i>Воспоминания о Е.И.Гальперине:</i>	151
<i>Л.Г. Аристакесян.</i> Светлой памяти Евсея Иосифовича Гальперина.....	151

<i>В.С. Мануков. Е.И.Гальперин и первые работы ВСП на поперечных волнах</i>	154
<i>А.Г.Гамбурцев. 50 лет знакомства с Е.И.Гальпериным</i>	159
Авторский указатель.....	163
Организации-участники научно-практической конференции «Гальперинские чтения - 2001».....	166



ГАЛЬПЕРИН
Евсей Иосифович
(31.10.1920 - 20.10. 1990)

"ВСП - это не стандартная методика, а мощный аппарат для решения самого широкого круга задач"

"Я убежден и весь накопленный опыт подтверждает, что ВСП это беспроигрышная технология, в которой можно и нужно смело вкладывать усилия и материальные, и людские"

Е.И. Гальперин

ТРУДОВОЙ ПУТЬ В ГЕОФИЗИКЕ. УЧЕНЫЙ И ЧЕЛОВЕК (к 80-летию со дня рождения Е.И. Гальперина)

«Охота к перемене мест ...», экспедиции и командировки, новые знакомства и особенно общение, человеческое общение, встречи с интересными людьми, профессиональные дискуссии, а главное, увлеченность работой – все это было его естественной потребностью и пронизывало всю жизнь ...

Из воспоминаний о Е.И. Гальперине

Родился в г. Умани Киевской области. Окончил Московский геологоразведочный институт им. Серго Орджоникидзе в 1949 г. Будучи студентом четвертого курса МГРИ, добровольцем ушел на фронт и воевал до конца Великой Отечественной войны, встретив Победу в Вене. Был награжден орденами «Красной Звезды» и «Отечественной войны», медалями. Доктор технических наук, профессор, общепризнанный во всем мире создатель нового метода сейсморазведки – вертикального сейсмического профилирования (ВСП). За создание и внедрение метода ВСП удостоен Золотой медали ВДНХ, звания Лауреата Государственной премии по науке и технике, ордена «Знак Почета». Член специализированного Ученого совета ИФЗ АН СССР, член редколлегии D.Reidel Publishing Company серии SESL (Solid Earth Sciences Library).

Трудовой путь, этапы деятельности в геофизике

Свою научную деятельность Е.И. Гальперин начал будучи еще студентом, в 1946 году в Институте физики Земли АН СССР (тогда – Институт теоретической геофизики), в котором проработал до конца жизни. Его творческую судьбу во многом определило тесное общение с академиком Г.А.Гамбурцевым. Несколько лет был начальником экспедиций на Северном Тянь-Шане, где создавался предложенный Г.А.Гамбурцевым метод глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ).

В 1955-58 гг. Е.И. Гальперин впервые предложил метод ГСЗ на море, основанный на использовании подводных лодок. Под его руководством и при непосредственном его участии в 1956г.

выполнены пионерские работы по изучению глубинного строения акватории Каспийского моря, а в 1957-1958гг. по программе Международного Геофизического Года (МГГ), впервые в мировой практике, - крупные комплексные геолого-геофизические исследования строения земной коры Курило-Камчатской переходной зоны от Азиатского континента к Тихому океану. Результаты этих исследований изложены в нескольких монографиях и многочисленных статьях, изданных в СССР и за рубежом.

В начале 60-х годов Е.И. Гальперин разработал методику сейсмических наблюдений в скважинах, позволившую перейти от изучения уже сформировавшегося волнового поля к изучению самого процесса его формирования и исследовать структуру и свойства пространства вокруг скважины и ниже ее забоя. Это направление привело к созданию нового метода сейсмических исследований - вертикального сейсмического профилирования (ВСП), одного из основных методов повышения эффективности всего комплекса геологоразведочных работ. Перевод книги Е.И.Гальперина «Вертикальное сейсмическое профилирование» в 1974 г. и неоднократное ее издание в США, а также организованный Phillips Petroleum Company в 1979 г. с участием Евсея Иосифовича первый семинар по ВСП положили начало широкому внедрению метода во всем мире. Показательно число публикаций по ВСП после создания метода (первые работы относятся к 1961 г.) в нашей стране опубликовано более 600, а за рубежом - около 900 работ (до 1990 г.).

В области сейсмологии основным направлением исследований Е.И.Гальперина является изучение волновых полей от удаленных и близких землетрясений. Им были изучены пространственно-временные закономерности слабых местных землетрясений Северного Тянь-Шаня (1951г.), Юго-Западной Туркмении (1952г.), Хаитской эпицентральной зоны (1953 г.). Развитая Е.И.Гальпериным в 70-х годах скважинная сейсмология позволила существенным образом повысить полезную чувствительность наблюдений. Созданная им методика изучения сейсмического режима крупных промышленных центров, расположенных в сейсмоопасных областях, позволила выполнить

продолжавшиеся 15 лет и завершившиеся в 1987г. исследования сейсмического режима города Алма-Ата. Наблюдения осуществлялись на организованном Е.И.Гальпериным высокочувствительном радиотелеметрическом полигоне скважинных и наземных станций.

В период 1975-1980 гг. Е.И.Гальперин снова возвращается к региональным сейсмическим исследованиям. Анализ волновых полей в начальной части записи удаленных землетрясений с применением корреляционных принципов позволил изучить их структуру и определить природу волн, формирующих волновое поле. Эти работы являются основой повышения эффективности региональных исследований с использованием удаленных землетрясений.

Много внимания Евсей Иосифович уделял подготовке научных кадров. Восемь учеников успешно защитили кандидатские диссертации и продолжают развивать созданные им методы. Читал курсы лекций по изучению сейсмических волн в реальных средах в учебных институтах Алма-Аты, Свердловска, Тбилиси. Для специалистов разных ведомств и министерств на многочисленных Всесоюзных школах-семинарах были прочитаны лекции по физическим основам ВСП и ПМ (поляризационного метода). Будучи за рубежом одним из наиболее известных геофизиков, он проводил семинары по ВСП в США, Чехословакии, Индии, Болгарии, Югославии, читал лекции в Университетах Хьюстона и Бомбея, выступал с докладами на многих международных конгрессах, ассамблеях и конференциях, консультировал ведущие геофизические и нефтяные компании мира. Его книги явились важными учебными пособиями для студентов и научных работников, специализирующихся в областях сейсморазведки и сейсмологии.

Основной вклад в развитие геофизических методов

Е.И. Гальпериным создано новое научное направление - экспериментальное изучение процесса распространения сейсмических волн в реальных средах по наблюдениям во внутренних точках среды, что явилось основой создания новых и развития традиционных методов сейсмических исследований применительно к задачам сейсмологии и сейсморазведки. Он

общепризнанный в нашей стране и за рубежом автор нескольких методов сейсмических исследований, в частности, вертикального сейсмического профилирования, поляризационного метода, скважинной сейсмологии.

Е.И.Гальперин возглавлял созданную его руками интернациональную школу геофизиков, в которой неформально участвовали представители фундаментальной и прикладной науки, производственных организаций и фирм, полевые геофизики. И все же особого успеха Е.И.Гальперин достиг в создании, развитии и внедрения метода ВСП, широко применяемого в практике нефтяной и рудной сейсморазведки. Сейчас хорошо видно, что это было главное дело его жизни. Применение ВСП при решении задач физического характера, при разведке на нефть, газ и руду стало критерием правильности методики и качества работы, наиболее надежным критерием достоверности результатов наземной сейсморазведки. Международное признание заслуг Евсея Иосифовича иллюстрирует выдержка из журнала:

Geophysics: The Leading Edge of Exploration. Memorials. Yuly, 1991.: "...Only a few geophysicists make contributions which affect exploration methodology around the world. Galperin justifiably belongs to that elite group". ...The work on vertical seismic profiling "plus pioneering studies in the po-larization method and vector seismic exploration would gain international recognition. ...All who knew him were amazed at his breadth of technical knowledge, admired his gentle spirit, and appreciated his humor". (Русск.: Можно назвать только несколько геофизиков, чей вклад имел такое влияние на развитие методологических основ разведки во всем мире. Гальперин заслуженно принадлежит к этой избранной группеРабота по ВСП плюс пионерские исследования по поляризационному методу и векторным сейсмическим исследованиям снискали себе международное признание Все, кто его знал, поражались широте его технических познаний, восхищались благородством его души и ценили его юмор

Наиболее важные научные публикации по сейсморазведке и сейсмологии

Список научных трудов Е.И. Гальперина включает более 230 наименований, из них 200 опубликованы (более 30 в зарубежных изданиях), в том числе 14 монографий, 160 статей, 19 авторских свидетельств на изобретения; 8 книг Е.И. Гальперина переведены и неоднократно издавались в разных странах мира – США, Англии, Голландии, Японии, Китае, Индии. Основные результаты научных исследований изложены в книгах «Азимутальный метод сейсмических наблюдений» (1955 г.), «Вертикальное сейсмическое профилирование» (1971, 1982 гг., англ. изд. 1974, 1985 гг.), «Поляризационный метод сейсмических исследований» (1977г., англ. изд. 1984 г.), «Изучение сейсмического режима крупных промышленных центров» (1978 г., англ. изд. «Скважинная сейсмология и изучение сейсмического режима крупных промышленных центров» 1985г.), «Вертикальное сейсмическое профилирование. Опыт и результаты» (1994 г.), «Волновые поля в методе обменных волн землетрясений» (1995 г.).

Ученый и Человек

Для Е.И.Гальперина всегда были характерны увлеченность работой, богатство идей, огромная энергия в их пропаганде и осуществлении, научная интуиция, привлечение к своим исследованиям многих специалистов и организаций, тесный контакт с промышленностью, доведение исследований до логического завершения и практического смысла. При этом критерий разведочной практики был для него ведущим. Человек дела, он был убежден, что результат – это главное мерило любой деятельности, это цена времени.

Органически сочетая черты ученого, организатора, талантливого экспериментатора, Е.И. Гальперин не занимал официальных постов. Двери его квартиры и кабинетов в Москве и Талгаре всегда были открыты для всех геофизиков, желающих принять участие в развитии самых актуальных направлений изучения земных недр.

Свою нелегкую и счастливую жизнь Евсей Иосифович построил своим трудом и талантом, талантом ученого - естествоиспытателя, талантом человека искреннего и смелого. Его открытость Миру была действенной и активной. Он пронес

через все эпохи нашего сложного и горького бытия свое Я – человека внутренне независимого (не был ни комсомольцем, ни коммунистом), неистового в работе, принципиально требовательного к исполнителям. Присущая Евсею Иосифовичу научная принципиальность, активная жизненная позиция проявлялись в его острейших критических выступлениях: он не боялся высказать свое даже нелюбимое мнение или усомниться в привычных представлениях и авторитетах. Евсей Иосифович был не равнодушным человеком и неизменно отзывался на чужую беду. Страстный профессионал, он, безусловно, отдавал предпочтение человеческим ценностям, реалиям жизни. Его всегда окружало много людей. Он любил шутки, эффекты и неожиданности, любил удивлять и радовать окружающих. Нежно относился к матери, ценил и любил жену и сыновей. Отлично бегал на коньках, лыжах, любил плавание, танцы и бег трусцой. Подолгу живя в Средней Азии, восхищался колоритом восточных базаров, был мастером в приготовлении плова. Знал и часто читал вслух стихи Б.Пастернака, А.К.Толстого, А.Блока, А.Ахматовой. Просто любил жизнь. Чудом уцелел на войне, в самые мрачные времена умел быть оптимистом. Истинный рыцарь науки, он прожил свою жизнь увлеченно и вдохновенно, наполнив ее событиями и свершениями.

Вестник ОГГГН РАН, № 3 (13) 2000

Опубликовано 30 сентября 2000 г.

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/3-2000/galperin-80.htm#begin. □

2000 ОИФЗ РАН, ОГГГН РАН

.....

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВСП

Г.Н. Гогоненков А.А. Табаков
(ОАО «ЦГЭ», Москва)

Метод вертикального сейсмического профилирования, предложенный и развитый в СССР Е.И. Гальпериным более 40 лет назад, выдержал испытание временем. Ежегодно во всех нефтедобывающих странах во многих сотнях разведочных и промысловых скважин выполняются наблюдения во внутренних точках среды.

В России с переходом к рыночной экономике резко возросли требования к реальной геологической эффективности каждого акта выполнения работ ВСП. Основные заказы на проведение работ ВСП связаны с решением следующих задач:

- изучение скоростных и отражательных характеристик разреза на продольных и поперечных волнах;
- детальная привязка продольных, поперечных и обменных волн, регистрируемых на поверхности, к литолого-стратиграфическому разрезу с использованием данных ГИС;
- оценка и коррекция формы сигнала временных разрезов ОГТ;
- детальное изучение околоскважинного пространства и прогнозирование разреза ниже забоя скважины;
- изучение анизотропии, связанной с преобладающими направлениями трещиноватости и флюидопроводностью.

Уровень проведения работ, качество получаемых материалов и результативность работ за последнее десятилетие существенно возросли в первую очередь в связи с переходом на трехкомпонентную цифровую регистрацию и освоение нового поколения пакетов программ обработки и интерпретации в системах UNIX и Windows.

Несмотря на то, что с начала 80-х годов ведущие западные компании создали высококачественные зонды и несколько модификаций математического обеспечения для ВСП, которые по некоторым технологическим характеристикам превышают отечественные, качество материалов ВСП и эффективность применения метода в России по-прежнему превышают уровень, достигнутый в других странах. Это свидетельствует о продуктивности идей, заложенных Е.И. Гальпериным в основу метода.

К настоящему времени на отечественном рынке используется несколько образцов аппаратуры и матобеспечения, однако наиболее широко используемыми, выдержавшими испытание временем образцами является цифровая аппаратура ВСП, разработанная ВНИИГИС, СейсмоСетСервис, Гитас и матобеспечение для обработки и интерпретации данных ВСП с использованием данных ГИС и ОГТ, разработанные ЦГЭ и ГЕОВЕРС.

В то же время следует отметить значительные недостатки существующей практики работ ВСП, главными из которых являются:

- отсутствие полноценного проектирования работ;
- низкий уровень контроля качества на всех этапах;
- проведение значительных объемов работ без контроля формы импульса возбуждения;
- обработка неориентированных наблюдений из ближнего ПВ;
- использование несертифицированного матобеспечения с низким уровнем обработки и представления результатов;
- отсутствие серийной цифровой аппаратуры для температуры свыше 100°C и с 24-разрядным преобразователем.

Устранение этих недостатков послужит основой значительного увеличения эффективности применения существующих модификаций ВСП.

В области новых технологий, связанных с ВСП, наиболее важными представляются следующие направления:

- использование трехкомпонентных датчиков,

зацементированных в затрубном пространстве для пассивной регистрации шумов при эксплуатации залежей, регистрации шумов при гидроразрыве пластов и сейсмических волновых полей при совместных наземно-скважинных сейсмических наблюдениях;

- проведение совместных наблюдений на поверхности и в скважине с целью существенного повышения разрешенности и точности изучения коллекторов в околоскважинном пространстве на расстояниях до 3-4 км и разработка методов обеспечения полностью использующего преимущества этой методики;
- расширение частотного диапазона в области низких и высоких частот для прямой увязки с данными ГИС и повышения разрешенности изучения геологических сред в околоскважинном пространстве;
- развитие промышленных технологий высокоразрешенной обработки и интерпретации данных с использованием произвольных трехмерных моделей сред с учетом градиентов скоростей и анизотропии;
- развитие трехмерных систем наблюдений и обработки данных ВСП с использованием источников возбуждения в глубоких скважинах;
- сертификация аппаратуры, оборудования и методов обеспечения.

**ОЦЕНКА ИСТИННЫХ АМПЛИТУД ИЗОБРАЖЕНИЙ
ОКОЛОСКВАЖИННОГО ПРОСТРАНСТВА НА
ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛНАХ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛУЧЕВЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ
ВЕКТОРНЫХ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ ВСП
НА БАЗЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ**

А.А. Табаков*, И.Е. Солтан*, П.И. Чистов*, В.Н. Ференци**

(* ОАО «ЦГЭ», г. Москва, ** ООО «Геоверс», г. Москва)

Задача построения детального изображения околосква-

жинного пространства по данным ВСП становится в последние годы все более востребованной. При этом необходимо учитывать, что получаемые разрезы должны быть динамически представительными. Для получения изображения околоскважинного пространства в истинных амплитудах необходимо правильным образом построить обработку волновых полей ВСП.

Важно отметить, что для решения задачи получения разреза в истинных амплитудах исходные волновые поля должны быть трехкомпонентными. Это накладывает соответствующие требования на методику полевых наблюдений и обработку данных.

Для решения задачи получения истинных амплитуд изображений околоскважинного пространства разработан метод, использующий лучевые преобразования векторных волновых полей.

Процесс получения динамически обоснованного изображения околоскважинного пространства по данным ВСП в предлагаемой схеме можно разделить на несколько этапов:

- получение одномерной скоростной модели среды по данным ВСП для продольных и поперечных волн;
- определение глубин, углов наклона и азимутов отражающих границ, пересекающих скважину;
- построение априорной трехмерной скоростной модели среды;
- решение прямой кинематической задачи для трехмерной модели с оценкой динамических характеристик отраженных волн;
- получение изображения околоскважинного пространства по однократно отраженным продольным или обменным волнам после деконволюции.

Обработка трехкомпонентных наблюдений ВСП строится на основе трехмерной модели среды. Модель среды предполагается состоящей из блоков с плоскими разнонаклонными границами. Параметры наклонов границ на скважине задаются исходя из результатов поляризационной обработки трехкомпонентных наблюдений ВСП. По своим физическим свойствам среда предполагается однородной и трансверсально изотропной, при этом оси симметрии в каждом блоке могут

иметь произвольный наклон. Скоростные параметры слов задаются по результатам решения обратной кинематической задачи определения скоростей и параметров анизотропии, решаемой одновременно для всей совокупности пунктов возбуждения.

Для решения задачи получения изображения разреза в истинных амплитудах используется метод лучевого проектирования с компенсацией всех кинематических и динамических факторов распространения волн. При этом применяется алгоритм моделирования волновых полей прямых и однократно отраженных волн в анизотропных средах в рамках лучевого метода. Решение прямой задачи производится для продольных и поперечных волн. В каждой точке трехкомпонентного модельного волнового поля фиксируется не только наличие или отсутствие отражения, но и параметры поляризации, а также поправочный динамический коэффициент, позволяющие скорректировать динамические характеристики реально наблюдаемых отраженных волн при их преобразовании в глубинный разрез таким образом, чтобы их интенсивность соответствовала интенсивности при нормальном падении и отражении от границы. В динамический коэффициент должна входить также поправка за лучевое расхождение.

Непосредственно получение изображения околоскважинного пространства технически можно разделить на два этапа:

- преобразование время-пространство по трехмерной модели;
- трансформация трасс однократно отраженных волн ВСП в изображение околоскважинного пространства для трехмерной модели.

Результирующее построение изображения околоскважинного пространства производится в сечении модели вертикальной плоскостью. Направление вертикальной плоскости задается, например, в направлении от устья скважины до ПВ. При сносе отражающих точек на вертикальную плоскость учитывается наклон горизонтов.

Вышеописанная методика реализована в рамках пакета программ обработки данных ВСП «ЮНИВЕРС». Метод опробован на модельных данных, для которых подтверждено

точное восстановление истинных коэффициентов отражения. Применение данной методики в обработке реальных данных ВСП позволяет получать более устойчивое и динамически выраженное изображение околоскважинного пространства.

ВСП ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МНОГОВОЛНОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

В.М.Кузнецов.

*(Всероссийский научно-исследовательский институт
геофизических методов разведки ВНИИГеофизика, г.Москва).*

Из многообразия геологических задач, решаемых в настоящее время методом ВСП, можно выделить ряд задач по изучению внутренней структуры порово-трещинного пространства пород-коллекторов. ВСП в данном случае используется и как самостоятельный метод, и в комплексе с методами ГИС и наземной сейсморазведки. Для того чтобы представлять себе задачи, которые позволяет решать ВСП в рамках данной проблемы, следует кратко остановиться на особенностях всей технологии изучения структуры порово-трещинного пространства.

Известно, что упорядоченность геологических свойств пород, как, например, тонкослоистость с закономерным чередованием прослоев в пачке, глинистость, трещиноватость с преимущественной ориентацией плоскостей трещин и т.п. приводит к анизотропии физических свойств породы. Это может быть анизотропия электрических или упругих параметров.

Анизотропию упругих параметров породы можно оценить по кинематическим (скорости упругих волн разных типов) параметрам, измеряя их в различных направлениях.

Известно множество типов анизотропии, но в подавляющем большинстве случаев задача сводится к анализу анизотропии *гексагонального* или *орторомбического* типов. К первому типу симметрии приводит, например, тонкослоистость или существование одной системы трещин в породе. К

орторомбическому типу симметрии приводит сочетание ортогональных систем упорядоченности. В свою очередь, каждый тип анизотропии характеризуется ориентацией плоскостей симметрии и осей симметрии, называемых главными элементами, и описывается определенным количеством параметров. Анизотропию упругих параметров породы можно оценить по кинематическим (скорости упругих волн разных типов) параметрам, измеряя их в различных направлениях.

Гексагональная анизотропия характеризуется осью симметрии шестого порядка (вертикальной при горизонтальной трещиноватости, горизонтальной при вертикальной трещиноватости или наклонной) и перпендикулярной ей плоскости. Для описания такого типа симметрии используется пять независимых параметров и плотность, т.е. для оценки параметров анизотропии такого типа требуется измерить скорости продольной и разнополяризованных поперечных волн не только по вертикали, но и на наклонных лучах в плоскости, содержащей ось симметрии.

Орторомбическая анизотропия характеризуется тремя взаимноперпендикулярными плоскостями симметрии и для ее описания используется уже девять независимых параметров и плотность. Это означает, что в дополнение к перечисленным выше скоростям требуются измерения на наклонных лучах в разных азимутах.

Основные проявления анизотропии при распространении сейсмических волн состоят в следующем:

1. Скорость распространения волн в анизотропном геологическом теле зависит от направления их распространения.

2. Поперечные волны поляризованы в плоскостях симметрии среды и скорость их распространения зависит как от поляризации, так и от направления распространения. В силу этого при большой мощности анизотропных слоев поперечные волны всегда поляризованы линейно. При ограниченной мощности анизотропного слоя колебание частиц при прохождении поперечных волн происходит по эллиптическим траекториям.

3. При прохождении и отражении продольных волн на

границах сред с различной анизотропией образуются проходящие и отраженные обменные волны, поляризация которых дополнительно зависит от пространственной ориентации элементов симметрии контактирующих сред.

4. При прохождении поперечных волн границ сред с различной анизотропией волны изменяют свою поляризацию, расщепляясь каждая на две волны со своей поляризацией и скоростью распространения: быструю S_1 и медленную S_2 . При отражении поперечных волн на границах с различной азимутальной анизотропией волны изменяют свою поляризацию.

Таким образом, измеряя скорости распространения продольных и разнополяризованных поперечных волн в определенных направлениях, можно определить параметры анизотропии - тип симметрии среды, степень анизотропии, ориентацию элементов симметрии, которые в свою очередь связаны с геологическими факторами, вызвавшими анизотропию. По параметрам анизотропии можно судить о структуре порово-трещинного пространства (наличие или отсутствие пор, каверн или трещин, эффективная пористость, проницаемость и т.д.) и ориентации преобладающей системы трещин в данной породе.

Только сочетание измерений по волнам разных типов позволяет надежно по поляризации поперечных (и обменных) волн диагностировать наличие в разрезе анизотропных интервалов разреза и определить по скоростям набор упругих констант, характеризующих тензор упругих модулей и необходимый для полного описания упругих свойств изучаемых геологических объектов (тип симметрии, ориентация главных ее элементов, кинематические параметры, наиболее полно характеризующие геологические свойства) а также восстанавливать пространственные индикатриссы скоростей волн разных типов, знание которых позволяет более надежно прослеживать сейсмические отражающие горизонты и осуществлять миграцию - преобразование временных разрезов в глубинные.

Для реализации подобного рода измерений требуется определенным образом построенная технология работ (мы назвали ее Многоволновая Поляризационная Сейсморазведка -

МВПС) и схема наблюдений.

1) Вследствие необходимости изучения поляризации регистрируемых волн в пространстве сама регистрация должна быть трехкомпонентной. Возможно сокращение компонент регистрации до двух (например, при использовании только S волн это могут быть компоненты X и Y, при исследовании анизотропии гексагональной симметрии с вертикальной осью на продольных и обменных волнах – компоненты X, Z и т.д.). Но следует учитывать, что при этом значительный объем информации о геологической природе исследуемых объектов теряется.

2) Использование поперечных волн от источников с заданной характеристикой направленности для реализации возможности искусственного управления направленностью возбуждения. Управление направленностью при возбуждении возможно осуществлять как в пространственном варианте – возбуждение в трех направлениях на каждом ПВ, так и в горизонтальной плоскости при возбуждении поперечных волн во взаимноперпендикулярных направлениях. При отсутствии возможности использования специальных источников поперечных волн при работах могут использоваться стандартные источники продольных волн. При этом несколько снижается точность решения задач и усложняется обработка и интерпретация данных.

3) Использование в схемах наблюдений различной ориентации лучевых плоскостей и, на этой основе, определение пространственного в зависимости от угла подхода распределения скоростей, положения геологических объектов в пространстве и ориентации главных элементов симметрии среды. Методика может включать как отдельные точки подобных схем на площади работ при слабых вариациях геологических факторов по латерали, так и равномерное распределение наблюдений в разноориентированных лучевых плоскостях по площади.

Перед скважинными многоволновыми наблюдениями МВПС-ВСП могут ставиться разные задачи, включающие определение скоростей волн разных типов на вертикальном профиле, определение природы волн, отождествление и

стратификацию отражений и так далее. Кроме этого перед МВПС-ВСП может ставиться и задача изучения геологических характеристик разреза – особенно, когда получение данных акустических измерений оказывается по тем или иным причинам невозможным. В соответствии с этим при решении разных задач применяются и разные процедуры обработки и интерпретации. Существенное влияние на характер обработки данных скважинных наблюдений оказывают и применявшиеся системы наблюдений.

В соответствии со ставящимися геологическими задачами и методикой полевых работ, обработка и интерпретация данных МВПС-ВСП позволяет обнаруживать в разрезе трещиноватые интервалы, локализовать их по разрезу, осуществлять прогноз пространственных индикатрис скоростей волн разных типов для целей повышения эффективности последующего суммирования и миграции наземных данных, определять ориентацию доминирующих систем трещин для каждого выделенного интервала, проводить оценку емкостных свойств пород-коллекторов.

При этом обработка трехкомпонентных данных МВПС помимо стандартных процедур включает анализ и определение параметров поляризации и анизотропии волн разных типов и классов. Интерпретация базируется на отождествлении волн разных типов, оценке геологических параметров целевых объектов – внутренней структуры, вещественного состава, ориентации преобладающих систем трещин и общей пористости.

Под решением обратной задачи мы подразумеваем восстановление пространственного распределения упругих свойств породы – оценку пространственных индикатрис скоростей волн разных типов (обратная геофизическая задача), и оценку структуры ее порово - трещинного пространства (соотношение между микровключениями - порами, кавернами и трещинами, их ориентацию в пространстве и характер заполнения – обратная геологическая задача) на основе измеренных кинематических параметров разнополяризованных волн разных типов. Главная задача этого этапа интерпретации – переход от физических параметров к геологическим в рамках заданных геологических представлений о природе и строении

исследуемого объекта.

Решением обратной геологической задачи является:

- оценка относительной плотности каждого из участвующих в решении видов микровключений;
- оценка абсолютной пористости и плотности породы, содержащей микровключения.

Получаемые результаты решения обратной геологической задачи позволяют делать с определенной достоверностью прогноз пористости и проницаемости изучаемого интервала и, на их основе, его продуктивность. Эти данные позволяют повысить достоверность подсчета запасов. Данные о системе преимущественной трещиноватости позволяют рекомендовать направления для горизонтального бурения с целью повышения продуктивности коллекторов.

Одним из примеров описанной технологической цепи решения обратной геологической задачи обнаружения трещиноватых интервалов и оценки их коллекторских свойств может служить результат, полученный по данным МВПС-ВСП для глинистых отложений нижнего майкопа Ставропольского края. В данном случае были выделены интервалы, перспективные для обнаружения залежи в баталпашинских глинах. Судя по результатам ВСП, неиспытанные ранее отдельные интервалы с пониженными значениями скоростей поперечных волн, повышенной степенью аксиальной анизотропии и наличием азимутальной анизотропии могли быть продуктивными, что и подтверждено результатами повторных испытаний для рекомендованных по данным МВПС интервалов в данной скважине.

Таким образом можно констатировать, что круг решаемых на основе многоволнового ВСП задач значительно расширяется при привлечении для анализа и интерпретации данных о поляризации волн разных типов и оценке параметров анизотропии. В данном случае ВСП в значительной степени дополняет информацию, получаемую по данным ГИС, а иногда служит и единственным методом для получения подобной информации, и служит основой для интерпретации многоволновых наземных данных.

ОБ ИНВЕРСИИ И МИГРАЦИИ ДАННЫХ ВСП

А.В. Баев*, А.А. Табаков**, И.Е. Солтан**

(* МГУ, г. Москва; ** ОАО «ЦГЭ», г. Москва)

Метод миграции сейсмических волновых полей является одним из основных инструментов интерпретации данных сейсморазведки. В докладе рассматривается место метода миграции среди традиционных методов решения обратных задач и задач интерпретации геофизических данных. Построение изображения среды по сейсмическим трассам, т.е. решение обратной динамической задачи сейсмики, называется инверсией сейсмических данных. Неизвестными характеристиками геологической среды при инверсии считаются жесткостные параметры, определяющие амплитудные величины сейсмического поля. При этом скоростные параметры среды предполагаются известными. Обычно предварительно они определяются с помощью решения соответствующей обратной кинематической задачи сейсмики на основе лучевого приближения. Решение обратной кинематической задачи дает также некоторую информацию о жесткостных параметрах среды. Таким образом, лучевой подход позволяет построить опорную модель среды. Очевидно, что возможность такого построения определяется апертурой базы наблюдений. В методе ВСП она никогда не бывает достаточно полной, что не позволяет зарегистрировать отраженные от неоднородностей среды или преломленные на них волны. Это вызывает определенные трудности при построении детальных геологических разрезов на основе лучевого подхода. Миграция и инверсия сейсмических трасс на базе опорной модели среды являются наиболее современными методами построения более полных геологических разрезов.

Миграция волновых полей подразумевает, как правило, следующую двухэтапную процедуру. Вначале производится продолжение зарегистрированных приемниками сейсмических полей в геологическую среду, описываемую опорной моделью. Если при таком продолжении скорости волн принимаются постоянными, то это миграция по Кирхгоффу. Процедура

миграции по Кирхгоффу весьма проста, но внутренне противоречива, поскольку на самом деле скорости в опорной модели не постоянны. Более точной является процедура миграции волнового поля на основе лучевого подхода в рамках опорной модели среды. Такая миграция называется временной, хотя более естественно ее называть лучевой или кинематической. Наиболее точное построение мигрированного поля осуществляется на основе полного решения динамической задачи в опорной среде и продолжении сейсмического поля на основе формул Грина (в скалярном случае) или Соболева (в упругом случае). Для этого типа миграции нередко используется термин глубинная, хотя более естественно назвать ее динамической. Такая миграция осуществляется на основе конечно-разностного решения задач, определяемых информацией, регистрируемой сейсмоприемниками. При этом результатом миграции является волновое поле, первоначально заданное в точках приема, а затем продолженное в среду или некоторую ее подобласть, подлежащую детализации. Мигрированное волновое поле качественно отражает исследуемый геологический разрез в том смысле, что наибольшие амплитуды смещений мигрированного поля соответствуют в пространстве искомым рассеивающим неоднородностям среды в момент падения на эту неоднородность волны, определяемой опорной моделью (очевидно, что такая волна не обязательно является прямой). При этом под рассеивателем понимается любая неоднородность, изменяющая падающее поле. Это обстоятельство позволяет восстанавливать такие детали разреза среды, принципиально недоступные в лучевом приближении, как невидимые наклонные границы, дифрагирующие ребра, вершины и т.д.

Мигрированное поле лишь качественно отражает искомый геологический разрез. Построение изображения среды с реальными количественными характеристиками является вторым этапом метода миграции, хотя, по сути, на этом этапе решается задача инверсии мигрированного поля. До настоящего времени не сложилось единого подхода к решению этой проблемы. Практически все известные методы инверсии основаны на эвристическом положении, высказанном основоположником

метода миграции J. Claerbout, суть которого состоит в том, что количественная характеристика рассеивателя равна отношению амплитуд мигрированного и полного полей. Все работы геофизиков в этом направлении, как правило, сводились к использованию различных моделей отражателей или дифракционных рассеивателей, расположенных в исследуемой точке. Однако такой наивный подход не позволяет адекватно описать процесс рассеяния первичного поля, поскольку в каждом из методов инверсии заложен лишь один вполне конкретный механизм рассеяния. Другим способом решения задачи инверсии мигрированного поля является решение соответствующих интегральных уравнений относительно функций, описывающих пространственные характеристики среды. Такой подход также не получил должного практического развития из-за большой трудоемкости необходимых вычислений. Кроме того, при его реализации возникают серьезные проблемы, связанные с некорректностью задачи инверсии. Поскольку сама процедура миграции является приближенной, то неустойчивость инверсии на практике не приводит к удовлетворительным результатам. В большинстве случаев к неудовлетворительным результатам приводит распространенная методическая ошибка, когда мигрируется полное зарегистрированное поле, а не разность зарегистрированного и построенного на основе опорной модели среды полей. Типичным результатом такой миграции является появление на построенных разрезах так называемых улыбок миграции.

Предлагаемый нами подход к решению исходной проблемы инверсии сейсмических данных основан на оптимизационной постановке обратной задачи. В качестве решения задачи выбирается тот разрез из множества допустимых решений, на котором достигается минимум функционала невязки зарегистрированных и построенных по этому решению сейсмических трасс. Одним из последних результатов теории обратных задач является тот замечательный факт, что этот, вообще говоря, нелинейный относительно искомого решения функционал имеет единственный минимум, который достигается на точном решении обратной задачи. Это утверждение доказано в условиях единственности

решения для ряда обратных динамических задач при точных дополнительных данных, что позволяет рассчитывать на практическую сходимость градиентных методов минимизации. Использование метода сопряженной задачи позволяет непосредственно строить градиент функционала невязки. Таким образом, решение исходной задачи инверсии эффективно строится на основе итерационного метода спуска. Интересно, что если мы выбираем в качестве такового метод наискорейшего спуска, а в качестве начального приближения опорную модель, то получаем следующий примечательный результат: на первой итерации получается разрез, построенный по формулам динамической миграции, причем инверсия выполняется автоматически, поскольку мы строим решение сразу в пространстве изображений. Параметр, который присутствует в методе спуска и определяет шаг в направлении антиградиента выбирается, например, по минимуму невязки. Таким образом, принцип оптимального выбора решения автоматически решает проблему количественного описания изображения среды. Если же в качестве начального приближения взять однородную среду, то на первой итерации градиентного спуска получается разрез среды, построенной на основе миграции по Кирхгоффу. В результате мы приходим к следующему принципиальному выводу:

метод миграции является эвристическим методом построения градиента целевого функционала при решении задачи инверсии сейсмических трасс методом оптимизации.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОЙ
ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПОЛЕЙ ОТРАЖЕННЫХ И
ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН, ФОРМИРУЕМЫХ ВО
ФЛЮИДОНАСЫЩЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ (ПО
МАТЕРИАЛАМ ВСП)**

Г.В.Голикова, М.В.Чижова

(*НИИФизики Санкт-Петербургского Государственного
университета*)

Одной из важнейших проблем современных методов сейсмической разведки является интерпретация волновых полей, наблюдаемых в области эпицентральных расстояний, соизмеримых с глубиной исследования. Такие поля регистрируются при исследованиях методами КМПВ, ГСЗ, а также и ОГТ. На указанных эпицентральных расстояниях происходит распространение волн в области, близкой к предельным углам: возникают явления экранирования, значимо проявляется анизотропия среды, формируются интерференционные волны. Эти явления мало изучены и трудно интерпретируемы. На фоне перечисленных особенностей поля неожиданным образом проявляются волновые поля, образование которых связано с низкоскоростными пористотрещиноватыми слоями, которые зачастую являются и флюидонасыщенными. Такие слои в осадочных отложениях называются продуктивными горизонтами (ПГ).

В настоящем докладе представлены основные закономерности формирования волнового поля отраженных и преломленных волн в осадочных (песчано-глинистых и карбонатных) отложениях, содержащих низкоскоростные трещиноватые включения. Для изучения и интерпретации полей отраженных и преломленных волн использовались экспериментальные наблюдения ВСП с наклонными 3-х компонентными приборами, полученные из разноудаленных пунктов взрыва. Скважина расположена вблизи края месторождения газа в верхнеюрских карбонатных отложениях рифового типа. В меловых отложениях по геологическим данным существует несколько продуктивных горизонтов, которые в данной скважине являются водонасыщенными. Закономерности формирования волнового поля во флюидонасыщенных отложениях изучались как в некоторой области вблизи первых вступлений, так и по отдельным группам волн от места их образования и до дневной поверхности.

В процессе изучения и поляризационно-динамической интерпретации волнового поля была определена природа волн и выполнена их геологическая "привязка"; оценены параметры волн и исследованы закономерности их образования на границах раздела и распространения внутри продуктивных горизонтов.

Принципиальными особенностями волнового поля в осадочном разрезе, содержащем флюидонасыщенные слои, при удалении пунктов возбуждения от скважины, являются следующие.

В результате поляризационно-динамической обработки получено, что прямая волна состоит из двух волн: собственно прямой волны P_1 , проходящей через разрез со скоростью P волн под углами $30-10$ градусов (для ПВ, удаленного от скважины на 1 км) и второй волны P_2 , имеющей углы $50-30$ градусов и близкую к P_1 интенсивность. Существование преломленных волн типа PS позволяет предположить, что P_2 проходит пористо-трещиноватые слои со скоростью поперечных волн, т.е. является обменной волной. Волна P_1 является более низкочастотной. Максимумы спектров записи волн P_1 и P_2 сдвинуты относительно друг друга на $10-15$ гц. Отраженные P волны образуются из падающей P_1 волны и имеют интенсивность, составляющую $0,2-0,3$ от интенсивности прямой. Отраженные обменные и головные обменные связаны с P_2 . Их интенсивность составляет $0,6$ от интенсивности падающей волны. Эти волны были названы аномальными. Была выполнена геологическая привязка аномальных волн. Аномальные волны, как правило, образуются на подошве ПГ, а также на отдельных слоях внутри него. Анализ векторных диаграмм показывает, что кровля ПГ не пропускает поперечные волны вверх, обменивая их на P , а подошва не пропускает продольные аномальные волны, подходящие к ПГ снизу, обменивая их на поперечные. Предполагается, что внутри ПГ формируется интерференционное поле, распространяющееся со скоростью S волн. Таким образом, с удалением от вертикали на расстояниях ОГТ формируется разночастотное поле отраженных волн, имеющих разную интенсивность, различающуюся геологическую привязку, разную скорость распространения волн через продуктивные отложения.

Интерпретация поля осуществлялась на основе лучевых представлений о природе наблюдаемых волн путем построения изотропных и анизотропных моделей флюидонасыщенных пористо-трещиноватых слоев. Математическое моделирование

выполнялось с учетом двухфазности слоев. На границах между контактирующими слоями рассматривались граничные условия с частичным проскальзыванием.

Изучение отраженных и преломленных волн, образованных в рифовой части разреза и наблюдаемых из удаленных ПВ (1=2, 3, 17 км) показало, что обменные волны образуются как в краевой, так и в центральной части месторождения. Интенсивность чистых продольных волн и некоторых обменных с увеличением мощности газонасыщенных отложений затухает. Однако продолжают проследиваться наиболее интенсивные обменные волны, завуалируя тем самым влияние повышенного поглощения в залежи.

Таким образом, в осадочных отложениях, содержащих пористые флюидонасыщенные слои, с увеличением эпицентрального расстояния формируется особое поле падающих и соответствующих ему обменных отраженных и обменных преломленных волн. Перечисленные поля распознаются по характеру поляризации, высокому уровню интенсивности и частоте записи. Дальнейшее исследование механизма формирования данных полей открывает новые возможности в распознавании совокупности явлений, обусловленных влиянием месторождения углеводородов.

Исследования выполняются при финансовой поддержке РФФИ по гранту 00-05-65219.

**МЕТОДИКА СОВМЕЩЕННЫХ НАЗЕМНО-
СКВАЖИННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ "ЛОКАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
3D+ВСП" ДЛЯ ДЕТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ
ОКОЛОСКВАЖИННОГО ПРОСТРАНСТВА**

А. А. Табаков*, В. С. Бикеев**, К. В. Баранов*,
И. В. Яковлев*, А. Ю. Барков*

(* ООО «ГЕОВЕРС», ОАО «ЦГЭ», г. Москва;

** ООО «КогалымНИПИнефть», г. Когалым)

В процессе доразведки и эксплуатации месторождений

нефти и газа в краевых частях месторождений, в зонах литологических замещений в коллекторах и на мелких месторождениях возникают проблемы детализации строения околоскважинного пространства на удалении 2-3 км. Для решения этой задачи необходимо выполнить сейсмические исследования повышенной разрешенности и точности.

Существующая технология 3D обычно обеспечивает преобладающие частоты 30-35 Гц, что соответствует верхней границе 60-70 Гц.

Работами ВСП из удаленных ПВ обеспечивается рабочий диапазон 125-150 Гц, но максимальное удаление от скважины составляет 20-25% от глубины скважины, то есть 500-700 м при глубине целевого горизонта 2500 м, а информация получается не во всем объеме, а на фиксированных лучах.

Существенную дополнительную информацию дает регистрация каждого взаимодействия, выполняемого при наземной сейсморазведке, зондом ВСП вблизи забоя скважины, при удалении ПВ не более 2000-2500 м от устья глубокой скважины. Это обеспечивает возможность оценки и учета статических поправок, неоднородности условий возбуждения и скоростных неоднородностей в верхней части разреза.

На этапе совместной обработки данных ВСП в глубокой скважине и поверхностных наблюдений 3D обеспечивается нуль-фазовая форма сигнала, дополнительная деконволюция и однозначная привязка временных разрезов к геологическому.

Система наблюдений для наземных расстановок проектируется по обычным принципам, но с учетом минимально возможных удалений ПВ от устья глубокой скважины. Каждое возбуждение регистрируется трехточечным трехкомпонентным зондом с шагом не менее 15 м, расположенным вблизи забоя глубокой скважины. Многоточечный трехкомпонентный зонд обеспечивает выделение прямой волны и значение времени пробега волны для каждого возбуждения. Предполагаемая площадь исследований: 9-16 км² в окрестностях скважины.

В результате применения предлагаемой методики будут получены следующие преимущества перед обычной наземной разведкой 3D:

- стандартизация условий возбуждения за счет контроля формы импульса возбуждения каждого воздействия и деконволюции по форме сигнала;
- использование при миграции достоверной трехмерной скоростной модели, включающей неоднородности ВЧР (мерзлота, теплик, болото) с учетом данных ВСП;
- использование достоверных статических поправок;
- комплексирование с ВСП с возможностью применения детерминированных переменных во времени обратных фильтров и компенсации частотно-зависимого поглощения;
- ожидается, что частотный спектр будет расширен вверх по крайней мере до 125 Гц, а точность структурных построений будет не хуже 5 м.

По предложенной методике компанией «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» проведен полевой эксперимент на Таежной площади. Материалы обрабатываются.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОДИФИКАЦИЙ МЕТОДА ВСП

Г.А.Шехтман

*(Всероссийский научно-исследовательский институт
геофизических методов разведки ВНИИГеофизика, г. Москва)*

Вертикальное сейсмическое профилирование как метод экспериментального изучения сейсмических волн в реальных средах было предложено Е.И.Гальпериным 40 лет назад и вскоре включило в себя сейсмокаротаж и скважинную сейсморазведку, применявшиеся ранее с целью измерения сейсмических скоростей и решения структурных задач, соответственно. Развитие метода ВСП в последние два десятилетия сместило акценты от изучения процесса формирования волновых полей внутри среды к изучению сейсмических параметров и структуры околоскважинного пространства.

Для изучения околоскважинного пространства и прогноза

геологического разреза ниже забоя скважины применяют устоявшиеся модификации метода, такие как продольное ВСП и непродольное ВСП (НВСП), а также нетрадиционные модификации – уровневое ВСП (более известное как «метод обращенных географов», или МОГ), ВСП с подвижным источником колебаний (ВСП ПИ), пространственные модификации – объемное ВСП и площадное ВСП, все чаще именуемые как 3D ВСП.

Следует отметить, что с терминологией, используемой для описания модификаций метода, не всё обстоит благополучно. В соответствии с известным определением метода ВСП, данным ему Е.И.Гальпериным, он «включает в себя любые сейсмические наблюдения, когда один из двух элементов (источник возбуждения или приемник колебаний) размещается и передвигается в стволе скважины, а второй – располагается на дневной поверхности или в другой скважине». По принципу расположения источника колебаний – в приповерхностной зоне или внутри среды – различают соответственно прямое и обращенное ВСП. Однако в обоих случаях предполагается передвижение одного из двух указанных элементов вдоль ствола скважины. Если же в процессе обработки скважины расположенный в скважине элемент остается неподвижным, а второй элемент передвигается вдоль земной поверхности (как это имеет место в уровневом ВСП), то «вертикальным» такое профилирование можно назвать с большой натяжкой, если можно вообще. Более того, даже если один из элементов передвигается вдоль скважины, а сама скважина горизонтальна, то более уместным становится называть такое профилирование не вертикальным, а горизонтальным сейсмическим профилированием (ГСП). Терминологический разнобой в наименованиях старых и вновь появляющихся модификаций метода, расширяющих его функциональные возможности, устраняется, если использовать для него более универсальное название – скважинное сейсмическое профилирование (ССП).

Продольным ВСП называют модификацию метода, в которой удалением пункта возбуждения (ПВ) от устья скважины можно пренебречь по сравнению с глубиной приема (для прямого

ВСП). При существенных искривлениях ствола смысл понятия «продольный» для вертикального профиля пропадает. В таких условиях целесообразной оказывается замена продольного ВСП на модификацию метода, при которой источник и приемник размещают на одной вертикали (ВСП на вертикальных лучах). Применение невзрывных поверхностных источников колебаний, передвигающихся вдоль проекции ствола скважины на земную поверхность, приводит к несущественному усложнению технологии работ, однако при этом появляется возможность оперативно определять сейсмические скорости, а также преобразовывать записи во временные и глубинные разрезы непосредственно в процессе отработки скважины, причем без учета искривления лучей.

НВСП сейчас проводят за редким исключением в каждой из скважин, доступных для ВСП. Такие наблюдения относятся к категории двумерных (2D ВСП). Стремление получить информацию о пространственной структуре околоскважинного пространства приводит к обоснованному усложнению методики путем расположения ПВ в различных азимутах от скважины. Последующая обработка записей для каждого из направлений («лучей»), нацеленная на получение разрезов путем миграции, не учитывает, как правило, азимутального несогласия сейсмических границ, но результаты для небольших углов наклона оказываются вполне правдоподобными и кондиционными для последующих структурных построений. Ограничения такого подхода к изучению околоскважинного пространства очевидны. Развитие технологии изучения сложно построенных сред, отличающихся значительными углами наклона границ, предполагает формирование толстослойной модели среды с неплоскими границами раздела, определение параметров этой модели путем решения обратной кинематической задачи и учет этих параметров при последующей миграции. К сожалению, доступных для широкого пользователя пакетов обработки данных ВСП, включающих эти процедуры, пока не имеется. Существенное искривление скважины создает свои проблемы при проектировании методики работ на скважине, а также при обработке и интерпретации материалов. Учет инклинометрии и

априорной геологической информации помогает трезво оценить возможности метода, а подчас и целесообразность проведения работ.

Желание осветить при НВСП как можно большую часть околоскважинного пространства, удаленную от скважины, приводит к тому, что соответствующее удаление ПВ на большее расстояние от устья скважины увеличивает размер неосвещенного пространства, расположенного непосредственно под забоем скважины. В итоге возникают трудности и неоднозначность при стыковке между собой разрезов ВСП, полученных для различных «лучей» (у производителей такие разрезы, содержащие «область тени» под забоем скважины, получили название «штаны»). Но и для вышележащей толщи, расположенной над забоем, при больших удалениях ПВ качественный разрез бывает трудно получить из-за сложности выделения целевых отражений на фоне помех, сформированных волнами других типов и классов. Да и сами полезные волны при больших углах падения становятся неустойчивыми из-за изменения формы сигнала и его интенсивности. Кроме того, при больших углах преломления в большей степени сказывается неучет анизотропии скоростей, сведений о которой всегда не хватает. Чтобы уйти от этих проблем, нередко максимальные удаления ПВ при НВСП уменьшают настолько, что польза от изучения околоскважинного пространства методом ВСП становится сомнительной.

Перечисленные ограничения и недостатки НВСП преодолеваются в модификации ВСП ПИ, впервые опробованной во ВНИИГеофизике в 1987 г. Предназначено ВСП ПИ для изучения структуры околоскважинного пространства, включая его подзабойную часть. Схема отработки скважины при проведении ВСП ПИ включает перемещение зонда с фиксированным шагом снизу вверх при одновременном перемещении источника колебаний от устья скважины вдоль определенного направления до максимального удаления. Сейсмограмма ВСП ПИ имеет привычный для пользователей метода ВСП вид. В нижней своей части она характерна для продольного ВСП, а в верхней части — для НВСП. По сравнению с НВСП преимущества этой

модификации состоят в следующем:

- может быть достигнуто более равномерное освещение целевых горизонтов волновым полем;
- на временных и глубинных разрезах ВСП ПИ, полученных для различных направлений от скважины, горизонты прослеживаются вплоть до прискважинной зоны и стыкуются между собой ниже забоя;
- интенсивность обменных волн в нижней части разреза значительно ниже;
- в условиях скудной априорной информации в условиях сложно построенных сред применение ВСП ПИ приводит к меньшим ошибкам в результатах обработки;
- обработка одного профиля ВСП ПИ за одну спуско-подъемную операцию для поверхностных источников близка по стоимости к обработке одного ПВ при НВСП.

Таким образом, применение ВСП ПИ позволяет резко увеличить прирост информации по существу при сокращении затрат, т.к. аналогичного расширения участка освещенности целевых границ при НВСП можно было бы достичь лишь путем увеличения числа ПВ на каждом из выбранных направлений. Данную модификацию успешно применяли в Прикаспии и Прибалтике. Существенным ограничением для ее применения, так же как и для уровневого прямого ВСП (МОГ), служат сложные для транспорта поверхностные условия (пересеченный рельеф, залесенность, заболоченность и др.) и изменчивость свойств ВЧР по латерали.

Описанную модификацию ВСП ПИ целесообразно комбинировать с аналогичными наблюдениями, при которых ПВ в процессе обработки скважины перемещают не от устья до его максимального удаления, а от максимального удаления к устью. При этом освещенность покрывающей толщи проходящими волнами возрастает втрое, и это позволяет сочетать ВСП с томографией на этих волнах.

3D ВСП в площадной модификации было предложено и впервые опробовано во ВНИИ Геофизике в 1991 г. В отличие от пространственной системы наблюдений, сформированной отдельными ПВ, расположенными в различных азимутах от

скважины, площадное ВСП позволяет, аналогично наземной объемной сейсморазведке, получать срезы, разрезы и кубы информации, детально отображающие околоскважинное пространство. В последние годы появились примеры комбинированных объемных скважинно-наземных сейсмических наблюдений. Более редкая, чем при площадном ВСП, сеть наземных ПВ компенсируется большим числом точек приема в скважине, расположенных на значительной базе. Перспективы дальнейшего развития 3D ВСП связывают с применением погружных источников колебаний на кабеле и буровом инструменте.

Развитие новых технологий метода ВСП требует реального повышения разрешающей способности, перехода к пространственным моделям, и комплексного использования различных типов волн. Современная скважинная сейсморазведка должна быть и высокоразрешающей, и объемной и многоволновой. Развитие метода в целом на сегодняшний день сдерживается главным образом из-за низкого качества измерений и отсутствия достаточно универсальных пакетов обработки, пригодных для применения различных модификаций метода в условиях сложно построенных сред.

К числу новейших направлений следует отнести межскважинное ВСП, ГСП, а также комбинирование ВСП с ГСП. Технические средства для выполнения исследований, по крайней мере модификацией ГСП, сейчас вполне доступны. Целесообразность проведения таких работ очевидна.

ДЕТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКИХ ИМПЕДАНСОВ РАЗРЕЗА ВО ВСКРЫТОЙ ЧАСТИ И НИЖЕ ЗАБОЯ СКВАЖИНЫ ПО ДАННЫМ ВСП

В.Н.Ференци**, **А.А.Табаков***, **Г.Ю.Мельников***, **К.В.Баранов***,
А.К.Душутин**

*(*ОАО "ЦГЭ", **ООО"ГЕОВЕРС", г.Москва)*

По своим возможностям детализации разреза в околоскважинном пространстве метод ВСП занимает промежуточное

положение между наземной сейсмикой и ГИС. Однако при применении современной регистрирующей аппаратуры и эффективных методов обработки детальность изучения разреза в методе ВСП может быть существенно приближена к детальности ГИС. Для этого при обработке необходимо обеспечить увеличение частотного диапазона данных ВСП до 150-250 Гц.

Это может быть достигнуто путем эффективного применения таких процедур обработки как:

- коррекция формы импульса возбуждения и статических поправок по наблюдениям контрольного прибора,
- применение минимально-фазовой фильтрации,
- точная оценка времен первых вступлений,
- предварительная (перед селекцией волн по скоростям) деконволюция,

- компенсация частотнозависимого поглощения,
- уточнение времен фазовых годографов выделяемых волн путем применения эффективного алгоритма корреляции фаз ПОЛИКОР,

- селекция волн по скоростям в заданных пространственно-временных областях разреза (медианная или с оценкой весовой функцией по алгоритму ПОЛИКОР) с возможностью дополнительного нелинейного взвешивания и итераций,

- пиковая деконволюция выделенных волн по падающей волне в частотной или временной области с выбором оптимальной задержки,

- синфазное накапливание падающих и восходящих трасс ВСП после деконволюции или формирование трассы однократно-отраженных волн путем "коридорного суммирования",

- оптимизационная динамическая инверсия полученной накопленной трассы отраженных волн после деконволюции в акустические импедансы с учетом априорных ограничений их значений.

Кроме названных процедур дополнительный эффект может быть получен за счет учета априорной модели среды и наклонов границ на этапах селекции волн и динамической инверсии. Дополнительное расширение спектра (как в сторону высоких, так и в сторону низких частот) оценки импульсной

сейсмограммы перед динамической инверсией может быть получено в результате применения процедуры аналитического продолжения спектра.

Полученные оценки акустических импедансов с детальностью ГИС позволяют решить задачу экстраполяции данных ГИС на околоскважинное пространство или ниже забоя скважины (в случае инверсии поля отраженных от границ ниже забоя скважины волн).

Полученная импульсная трасса детальных оценок отраженных волн ВСП может быть применена также для оценки формы сигнала данных ОГТ вблизи скважины и их эффективной деконволюции, что дает возможность приведения разреза ОГТ к виду ВСП.

Все указанные процедуры (кроме аналитического продолжения спектра) реализованы в пакете обработки и интерпретации данных ВСП "ЮНИВЕРС".

Приводятся примеры сопоставления данных ГИС и полученных оценок акустических импедансов по данным ВСП, свидетельствующие об их хорошем сходстве и высокой детальности расчленения разреза.

ПРИМЕНЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИДЕЙ Е.И.ГАЛЬПЕРИНА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СКВАЖИННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В «СК ПЕТРОАЛЬЯНС»

А.Н. Касимов, А.А. Тихонов, А.А. Шевченко, С.В. Добрынин.
(«СК ПетроАльянс» г.Москва)

При создании любого нового направления в науке авторами формулируются основополагающие тезисы, являющиеся не только основой существования созданного направления, но и залогом его дальнейшего развития. Созданное Е.И. Гальпериним направление многоволнового изучения геологического разреза во внутренних точках среды также живет и развивается на основе идей сформулированных при его создании. Настоящий доклад ставит целью продемонстрировать современное состояние

некоторых из идей, заложенных при создании Поляризаационного Метода ВСП.

Проведение исследований, использующих регистрацию полного вектора смещения, предполагает использование для регистрации идентичных датчиков скорости или ускорения смещения. При проведении трехкомпонентных скважинных наблюдений СК ПетроАльянс использует симметричные ортогональные трехкомпонентные расстановки с наклонным расположением сейсмоприемников GS20 ($35^{\circ}20'$ к вертикали и 120° в плане). Такое расположение приборов позволяет не только осуществлять электрический контроль за идентичностью приборов, но и учитывать различия в АЧХ.

Ориентировка прибора по первой падающей волне позволяет решать задачи привязки параметров поляризации волн к структурным элементам геологического разреза.

Е.И.Гальпериним был предложен инструмент поляризаационно-позиционного анализа волн. Его развитие привело к созданию способов разделения волн по поляризации, применяющихся в сочетании с процедурами 3-х компонентного вычитания, сохраняющего параметры поляризации элементарных волн, формирующих интерференционную запись на любой из зарегистрированных компонент волнового поля.

Новым направлением Поляризаационного Метода ВСП, развиваемым в СК ПетроАльянс, является использование комбинации волновых полей, зарегистрированных для различных источников. Такой подход позволяет управлять параметрами поляризации возбуждаемых волн и использовать новые подходы к изучению строения геологического разреза.

РАЗВИТИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ПРОМЫСЛОВОЙ СЕЙСМИКИ В НЕФТЕГАЗОВУЮ ГЕОЛОГИЮ

Мирзоян Ю.Д.*, Коноплев Ю.В.**, Соболев Д.М.***

(*ООО «Ингеосейс», г. Краснодар; **ЗАО «Кубаньгеосервис»,
г. Краснодар; ***ГМВП «Промсейс», г.Саратов)

Эффективность поисковых работ на нефть и газ в

значительной степени определяется знанием геологического разреза. Получаемые при разведочном бурении важные сведения характеризуют среду в одной точке и в ряде случаев являются аномальными, что не позволяет их интерполировать на большие расстояния.

Поэтому крайне необходимо после проводки первой разведочной скважины на новой площади выполнение в ней комплексных сейсмических исследований, позволяющих изучать реальный разрез не только по вертикали, но и по латерали.

Такие исследования позволяют получать данные о скоростях и составе волнового поля, точной стратиграфической привязке сейсмических волн и глубине залегания перспективных отложений, физических свойствах горных пород, коллекторах и нефтегазоносности, зонах АВПД и их изменений в окрестности пробуренной скважины.

Методически реализация этих возможностей базируется на комбинировании скважинных (ПМ ВСП) и наземных наблюдений (МОВ ОГТ), при которых детальные сведения о разрезе передаются в околоскважинное пространство. Тем самым обеспечивается реальное повышение достоверности, информативности сейсмической разведки, увеличение представительности каждой скважины, особенно при изучении нефтегазовых контуров и прогнозировании геологического разреза глубже забоя скважины. Эти исследования получили название Промысловой сейсмоки [1].

Сочетание наблюдений в скважинах и на дневной поверхности существенно увеличивает точность и достоверность сейсмического прогноза. Опираясь на такой прогноз, более обоснованно выбирается местоположение точек последующего глубокого бурения на различных стадиях разведки месторождений, что позволяет существенно сократить объемы непродуктивного бурения - основной резерв повышения геолого-экономической эффективности разведочных работ.

Исследования поляризационным методом ВСП с целью изучения строения околоскважинного пространства впервые с цифровой регистрацией проведены на Северном и Южном бортах Западно-Кубанского прогиба. Методика работ

предусматривала комплексирование вертикальных и наземных профилей. В окрестности 19 скважин выполнены наблюдения из 4-9 ПВ, расположенных на удалении 100-3000м, с шагом 10м между точками приема и регистрацией сигналов в полосе частот 0-250Гц. Общее количество вертикальных профилей ПМ ВСП - 112. В качестве источников для возбуждения упругих колебаний использовались взрывы тротила в скважинах (под ЗМС), пневмоизлучатели (погруженные под ЗМС) и вибраторы.

Полученные полевые материалы имели сравнительно хорошее качество, что обеспечило их динамическую и кинематическую обработку. Предварительно все записи ориентировались.

Выделение волн осуществлялось способами полярной и поляризационно-позиционной корреляций. Особое внимание уделялось детальному исследованию волновых полей путем комбинирования селекции волн по скорости, частоте и поляризации.

Изучение параметров поляризации показало хорошую повторяемость закономерностей изменения углов смещений в вертикальной плоскости для разных ПВ, где надежно локализуются положительными аномалиями углов пласты-коллекторы.

В результате проведенных исследований изучены состав и структура волновых полей, выделены и прослежены первая продольная, прямая поперечная, отраженные продольные и обменные волны, связанные со всей перспективной толщиной разреза, осуществлена их стратиграфическая привязка, изучены скорости продольных и поперечных волн, выявлены закономерности их изменений в разновозрастных литолого-стратиграфических комплексах.

При этом изучены также эффективное поглощение и упруго-деформационные модули среды ($\gamma = V_s/V_p$, σ - коэффициент Пуассона, E - модуль Юнга и постоянные Ламе), определены параметры поляризации и установлены их связи с физическими свойствами реальных сред, осуществлен прогноз акустической жесткости ниже забоя скважины.

Для улучшения взаимной увязки волновых полей ВСП и

ОГТ и повышения разрешенности наземных профилей выполнялось приведение их формы записи к ВСП.

На разрезах ОГТ после приведения их к ВСП выявлены внутриформационные выклинивания, принципиальные для понимания особенностей строения элементарных ловушек.

В пределах Северного борта ЗКП на построенных схемах выделены зоны развития коллекторов II-IV пачек чокракских отложений вскрытых и невскрытых скважинами, выполнены прогнозные оценки их пористости и песчаности в околоскважинном пространстве, получены карты распределения аномалии энтропии и энтапии вдоль вертикальных (ВСП) и горизонтальных профилей (ОГТ), выделены перспективные нефтенасыщенные участки для постановки глубокого бурения. В условиях Южного борта ЗКП на площадях Дыш, Хадыженская, Узун, Нефтегорская также детально исследованы волновые поля, выделены и прослежены продольные и обменные отраженные волны, построены графики изменения с глубиной упругих параметров, поглощения и поляризационных характеристик волнового поля, выделены зоны развития коллекторов.

На основе совместной интерпретации временных разрезов ВСП ОГТ построены схемы распределения параметра

$$\gamma_t = \frac{\Delta t_{0p}}{2\Delta t_{0ps} - \Delta t_{0p}}$$
 и карты изменения параметров энтропии и

энтапии в окрестности исследуемых скважин по разрезам СОГ ОГТ и ВСП ОГТ продольных волн и распределения нефтенасыщения в околоскважинном пространстве.

Рассмотрим более подробно результаты исследований на ряде площадей.

1. На *Анастасиевско-Троицкой площади* наблюдения ПМ ВСП выполнены в нескольких скважинах, наиболее полно в скважине №603 с детальным шагом в районе залежи.

По всем исследуемым параметрам скорости V_p , $\gamma = V_s/V_p$, α_p - поглощение, σ - коэффициент Пуассона, частотам, интенсивности, параметрам поляризации и др. выделяется нефтегазовая залежь. Основные, выявленные на вертикальных профилях аномалии, получили проявление на наземных

профилях ПМ ОГТ, в частности, по параметру γ_1 между газонасыщенными пластами понта и меотиса. Контуры залежи совпали с данными бурения (расхождение $\pm 100\text{м}$).

2. Южно-Морозовская площадь.

Наблюдение в скважине Южно-Морозовская №1 выполнены из 5 ПВ, получены материалы хорошего качества. Построены разрезы ВСП ОГТ. Разрезы ОГТ переобработаны путем приведения их формы записи к форме записи ВСП. По этим материалам осуществлен прогноз коллекторов и нефтенасыщения в окрестности скважины по II, III и IV горизонтам чокрака.

В данном районе отмечена сильная зависимость динамики отраженных волн от изменения пористости. При замещении нефтенасыщенных песчаников чокрака глинистыми отложениями отмечается резкое изменение интенсивности и формы записи, затухание волн.

По этим данным выделено прогнозное положение линий выклинивания II и IV пачек чокрака в окрестности скважины Южно-Морозовская №1. Исходя из выявленной зональности развития коллекторов рекомендовано бурение следующей разведочной скважины

3. На *Хадыженском участке* наблюдения выполнены в скв. №11 глубиной 260м из 5 ПВ. Интервал глубин, приуроченный к нефтяному участку проявляется в параметрах сейсмических волн - скорости и частоте, амплитудах и поляризации в виде аномалий. В этом интервале достаточно уверенно нефтяной пласт выделяется также по упруго-деформационным модулям среды - γ , σ , E и др. Полученные материалы на вертикальном профиле позволили стратиграфически увязать их с данными ГИС и с волновыми полями на наземных профилях. Изменения прослежены в окрестности исследуемой скважины и по ним выделены зоны развития и выклинивания пластов, фациального замещения песчаников майкопа.

Заданные по результатам комплексных исследований скважины для бурения вскрыли залежи нефти на прогнозных глубинах 140-160м.

4. На *площади Узун* наблюдения выполнены в 3х

скважинах из 15 пунктов возбуждения.

Исследованы волновые поля, изучены упругие параметры, структурные карты, схемы распределения параметров $\gamma=V_s/V_p$, σ - коэффициент Пуассона, карты распространения нефтегазовых залежей в окрестности исследуемых скважин. Даны рекомендации на бурение эксплуатационных скважин.

Дальнейшее развитие промышленной сейсмологии связано с наращиванием обрабатываемых возможностей, внедрением новой техники - многоточечной скважинной цифровой аппаратуры с 24х разрядным АЦП для ПМ ВСП и современной цифровой регистрирующей аппаратуры для векторных наземных наблюдений.

Список литературы :

Амиров А.Н., Гальперин Е. И., Мирзоян Ю. Д. и др. Промысловая сейсмология - сейсмические исследования на этапе разведки и эксплуатации месторождений. -М.: Изв. ВУЗов «Геология и разведка», №7, 1980.

О ПОЛЯРИЗАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН.

В.Н. Обрежа

(НИИМоргеофизика, г. Мурманск)

Поляризационный метод сейсморазведки является, по существу, методом интерференционного приема. Его самобытность состоит в селекции однотипных волн по признаку направлений смещения частиц среды, осуществляемой ориентировкой геофонов в пространстве или математическим поворотом координат при обработке данных. Оба способа селекции не исключают взаимное наложение различно поляризованных волн. Вторая задача метода - изучение среды по параметрам поляризации колебаний, отражающих, как полагают, ее строение в точке приема. Изучаемые параметры - эллиптичность, азимут и угол с вертикалью при независимых повторных наблюдениях не совпадают, что связано с недостатками приемных приборов и слабой изученностью явления поляризации сейсмических волн. Согласно работы [1]

“под поляризацией... понимается траектория, которую описывает частица среды при прохождении волны через фиксированную точку пространства”, при этом “имеется ввиду в основном только изотропные среды”. Там же делается вывод, что “в большинстве случаев регистрируемые в реальных средах импульсы прямых волн отличаются нелинейной поляризацией...”, которая “определяется, в основном, строением среды в окрестности точки наблюдения...”.

Поскольку принято считать, что “в продольной волне... возмущения всегда направлены вдоль направления её распространения, явления поляризации возникнуть не могут” [2], а практически используется преимущественно поляризация именно продольных волн, то сущность поляризации, в частности этого типа упругих волн, и закономерности ее формирования требуют дополнительного изучения.

Известно, что поляризация света - это “явление, происходящее с лучом света при его отражении, преломлении и, особенно, двойном преломлении и состоящее в том, что колебательное движение во всех точках луча происходит лишь в одной плоскости, проходящей через направление луча, тогда как в неполяризованном луче колебания происходят по всем направлениям, перпендикулярным к лучу” [3]. Отметим признаки поляризации: это наличие поперечных и симметричных относительно луча распространения колебаний в фиксированной, совпадающей с лучом плоскости.

Для случая упругих колебаний известны такие определения: “поляризация - предпочтительное направление колебания в волне (например, компонента S_h)” [4] и “нарушение симметрии в распределении ориентации возмущений (смещений и скоростей) в упругой волне относительно направления ее распространения” [5].

Последние два определения содержат расхождения с пониманием поляризации в оптике, т.к. отсутствие плоскости или нарушение симметрии - это недостающие признаки поляризации. Поляризация собственно продольных волн ни в одном из определений конкретно не рассматривается, что делает актуальным дальнейшее изучение этого, практически всегда

наблюдаемого в сейсмических волнах, явления.

С этой целью рассматривалась ниже описанная модель быстро протекающего процесса динамического взаимодействия волны со средой в последовательно фиксированных фазах, в статическом состоянии (принцип Даламбера)[6].

Сейсмический источник порождает в среде зону деформированного состояния, что нарушает равновесие естественных внутренних сил. Упругая волна возникает, как инструмент восстановления равновесия и распространяется в виде фронта давления во всех направлениях от источника. Вследствие своей природы она на своем пути взаимодействует с естественным напряжением в среде, изменяя его в ту или иную сторону. При однозначности физико-механических параметров среды в любом направлении, т.е. в изотропной среде, вектор ее сопротивления всегда совпадает с направлением давления волны и частицы смещаются по лучу распространения. В соответствии с определением [2] поляризация возникнуть не может.

В неоднородной среде существуют различия в направленности и величине напряжений в разных ее точках, поэтому строго встречное взаимодействие давления продольной волны и сопротивления среды нарушается. Равнодействующая образует некоторый угол с вектором распространения волны, т.о., частицы, вовлекаемые в процесс, оказываются под ее давлением, вектор которого лежит в плоскости угла между вектором волны и вектором сопротивления среды. Определив эти векторы, частицы среды можно считать свободными от внутренних связей и находящимися лишь под давлением указанной равнодействующей, которая сообщает им ускорение \mathbf{a} в том же направлении. Сила инерции среды $\mathbf{r} = -m\mathbf{a}$ всегда имеет противоположное направление, принадлежит той же плоскости и уравнивает систему сил, действующих на частицы, т.е. вектор давления волны \mathbf{P} , сопротивления среды \mathbf{R} и вектор их равнодействующей в направлении ускорения \mathbf{a} .

Дальнейший, быстро протекающий процесс сопровождается явлением упругого гистерезиса, который здесь понимается, как отставание изменения деформации среды от нарастания или спада давления волны, поэтому вектор

равнодействующей в фазах сжатия и разрежения волны несколько меняет направление, вследствие чего возвратное движение частиц в фазе разрежения не проходит через начальную точку равновесия. Таким образом, упругий гистерезис среды порождает поперечную составляющую в изначально линейном колебании. При отсутствии возмущений вторичными волнами траектория частиц находилась бы в прежней плоскости, поэтому можно полагать, что начальная плоскость колебания является признаком поляризации. Величина давления волны и угол между его вектором и вектором сопротивления среды наряду с гистерезисом в данной точке определяют амплитуду поперечной составляющей колебания. Релаксация частиц при гармоническом воздействии на среду будет симметричной относительно направления начального ускорения, что в совокупности с наличием фиксированной плоскости процесса адекватно поляризации волны в полном соответствии с ее классическим определением. Ориентация плоскости релаксации в общем случае не соотносится с горизонталью, вертикалью или слоистостью среды, а полное колебание частиц в волне любой природы отображается только в координатах указанной плоскости.

В ходе исследований поляризации была выполнена серия экспериментов, результаты которых удовлетворительно интерпретируются на основе описанной модели. Одновременно установлено, что при значительном изменении геометрии наблюдений азимут смещений частиц среды меняется неадекватно ожидаемым закономерностям, оставаясь в широких пределах довольно постоянным, что связано, вероятно, с неполным учетом процессов и сил, формирующих его направленность. Разработанный на основе этой модели алгоритм поляризационной фильтрации качественно изменяет селекцию волн, позволяет упростить технологию сбора данных и одновременно, при снижении общих затрат, повышает информативность данных. В ходе исследований создавались также экспериментальные конструкции приемных приборов, в частности для регистрации деформации скважины волновым полем в фиксированных координатах профиля. Полученные

записи деформации имеют неожиданно высокий уровень сигнала (до 50% амплитуды Z составляющей), поэтому очевидно, что точные измерения поляризации возможны лишь с учетом фактора скважины, создающей зону разуплотнения и нарушающей естественное распределение напряжений в точке измерений. Этот фактор в настоящее время не учитывается при разработке скважинных приемных устройств.

На основании результатов экспериментальных работ можно рассматривать поляризацию продольных волн в геологических средах, как возникновение поперечных и симметричных (при гармоническом воздействии) составляющих колебания частиц относительно направления начального возмущения среды в плоскости, вмещающей вектор давления волны и вектор сопротивления среды (вследствие их несовпадения на одной оси и упругого гистерезиса среды).

Выводы и рекомендации.

Классификация типов поляризации продольных волн на линейную и эллиптическую не отображает сути явления, т.к. линейные колебания, характерные для изотропных сред, в реальных средах указывают на отсутствие поляризации, что возможно в редких случаях совпадения на одной оси векторов давления волны и сопротивления среды. Начальный вектор продольного колебания, т.е. его сугубо продольная составляющая, в анизотропной среде, как правило, не совпадает с направлением прихода волны в точку приема или направлением на источник. Предвидеть плоскость поляризации невозможно и единственный способ ее нахождения - математическая ориентация компонент по направлению продольных и поперечных составляющих колебания частиц. Это исключает необходимость в строгой ориентировке геофонов, кроме случая изучения анизотропии напряжений в окрестности точки приема колебаний. Реальная динамика волны отображается только в плоскости релаксации частиц.

Сейсмическую границу возможно представить, как латеральную зону перехода от одного физико-механического состояния среды к другому, обусловленных, вероятно, их

генезисом, древними и современными тектоническими процессами, а так же вещественным составом и структурой слагающих пород. Возможно так же предполагать, что сейсмические границы в реальных средах более отображают переходы напряженного состояния, чем литологические разности, хотя эти характеристики, несомненно, связаны между собой.

Изучение поляризации сейсмического импульса необходимо продолжить на основе современных возможностей прецизионных измерений с привлечением физики деформируемого твердого тела. В модели динамического взаимодействия волны со средой не учтено, что скважинный зонд является участником процесса формирования поляризованных колебаний, поэтому к нему должны быть предъявлены, как минимум, два неперенных требования: полная конструктивная симметрия с целью получения круговой диаграммы коэффициента преобразования и минимально возможное влияние на среду прижимным усилием. Опробованные в ходе исследований различные конструктивные решения скважинных приемных устройств подтверждают данные выводы.

Список литературы:

1. Гальперин Е. И. Поляризационный метод сейсмических исследований. - М.: Недра, 1977.
2. Ультразвук/ под ред. И. П. Голямина. - М.: Советская энциклопедия, 1979.
3. Словарь иностранных слов. - М.: Русский язык, 1989.
4. Шерифф Р. Е. Англо-русский энциклопедический словарь. / Пер. с англ. - М.: Недра, 1984.
5. Боганик В. Н. и др. Словарь терминов разведочной геофизики. - М.: Недра, 1989.
6. Никитин Е. М. Теоретическая механика. - М.: Наука, 1983.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВСП ПРИ ОКОНТУРИВАНИИ МАЛОАМПЛИТУДНЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СТРУКТУР

А.А. Табаков*, В.П. Бандов**, Г.Г. Сафиуллин***,

Н.М. Ахметшин***, В.Г.Божедомов****

(* ОАО «ЦГЭ», ** ОАО «Геотехсервис», г.Москва,

***ЗАО НПФ «СейсмоСетСервис», г.Октябрьский,

****ООО «Специальные геофизические системы», г.Саратов)

С момента изобретения Е.И. Гальпериным вертикального сейсмического профилирования метод ВСП прошел 40-летний путь развития. Современная аппаратурно-методическая и программная база сделала метод производственным инструментом для изучения строения геологического разреза в околоскважинном пространстве на этапах поиска и разведки нефтегазовых месторождений.

Объединение новых разработок группы предприятий в области аппаратуры и оборудования, методики скважинных работ, обработки и интерпретации данных ВСП позволило создать единую технологию, обеспечивающую высокую достоверность результатов, оперативность работ и экономическую привлекательность для производства.

Новая технология предусматривает использование аппаратуры с цифровыми трехкомпонентными телеметрическими многомодульными зондами, отличающейся низким уровнем собственных шумов (не более 0,1 мкВ), широким частотным (5-250 Гц) и динамическим (не хуже 150 дБ) диапазонами.

Рекомендуется схема непродольного профилирования с рациональным расположением пунктов возбуждения преимущественно в трех направлениях и с применением дополнительных пунктов возбуждения в непосредственной близости от основных для повышения кратности наблюдений. Такая методика наилучшим образом реализуется при использовании погружных пневматических источников, обеспечивающих необходимое качество получаемых данных и автоматизацию работ. Для повышения их производительности при большом числе пунктов возбуждения рекомендуется

применение технологической схемы, построенной на отстреле одной расстановки зонда из нескольких пунктов. Особые приемы контроля характеристик возбуждения и регистрируемых данных позволяют существенно повысить достоверность результатов.

Важнейшей составляющей технологии являются программные средства для обработки и интерпретации комплексных данных ВСП, ГИС и наземной сейсморазведки. Предлагаемая обрабатывающая система «ЮНИВЕРС» обеспечивает обработку сейсмических данных в частотном диапазоне 5-250 Гц и позволяет получить высокоразрешенные изображения околосоляжинного и подзабойного пространства на монотипных и обменных волнах в истинных амплитудах и с миграцией в масштабе глубин по трехмерной модели.

Новые подходы к развитию технологии ВСП позволили минимизировать или исключить влияние факторов, связанных с известными недостатками метода и используемых ранее приемов работ и обработки данных. Они предусматривают учет закономерностей распространения волн разных типов в трехмерных анизотропных средах, использование векторных характеристик волновых полей и схем, повышающих кратность наблюдений.

Применение такой технологии обеспечивает:

- однозначность увязки сейсмических скважинных и каротажных данных путем прямого сопоставления акустических импедансов по ВСП и ГИС, определенных в частотном диапазоне 5-250 Гц;
- однозначность увязки ВСП и ОГТ с оценкой формы сигнала ОГТ, приведением данных ОГТ к нулевой фазе и повышением разрешенности данных путем расширения спектра;
- прогнозирование разреза ниже забоя скважины;
- создание моделей сред с использованием данных продольных и поперечных волн с учетом анизотропии;
- получение динамически представленных временных и глубинных сейсмических разрезов с использованием продольных и поперечных волн.

В условиях резкой изменчивости ВЧР, например, за счет вариации толщины слоя вечной мерзлоты, что имеет место в условиях севера, по данным ВСП из удаленных пунктов возбуждения с применением перечисленных выше усовершенствований метода достигаются высокие (до первых единиц метров) точности оценки глубин до отражающих горизонтов.

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗЕРВУАРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ В ГЕТЕРОГЕННОЙ АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ ПО ДАННЫМ ПМ ВСП И ГИС

А.П. Сорокин*, Г.В. Мегедь**.

(* концерн "НАДРА"; ** УкрГГРИ г.Киев)

Используются амплитудно-фазовые характеристики полного вектора сейсмических колебаний упругих волн для прогнозирования петрофизических и емкостных свойств резервуаров – пористости, проницаемости, песчаности, трещиноватости, характера насыщения, напряженного состояния среды и оптимизации решения задач разработки месторождений.

Скважинные сейсмические исследования ПМ ВСП выполняются в обсаженных и необсаженных скважинах на изучаемой площади с использованием многоточечной аппаратуры АПМ ВСПУ-3-12, АПМ 4-3, или аналогичной, имеющей электромеханическое прижимное устройство. При этом соотношение сигнал/помеха должно быть не меньше 5.

Волновые поля продольных и поперечных волн с источниками направленного и ненаправленного действия обрабатываются по шести лучам, азимутальный угол между которыми составляет 60° . На каждом луче обрабатывается 3-5 пунктов возбуждения с шагом $\Delta X = 300-500$ м. По оси скважины шаг наблюдений составляет 10-20 м, для детализации продуктивных интервалов используется шаг 2-5 м, что позволяет уточнять корреляционные зависимости "кern-геофизика" и "геофизика-геофизика". Данные зависимости строятся по

результатам обработки материалов ПМ ВСП и ГИС и петрофизических исследований керна.

По падающей первой волне выполняется ориентация зонда. Формируются волновые поля в локальной системе координат PRT. Затем производится перебор фиксированных компонент с шагом 15-30 градусов по азимутальному и вертикальному углам. Динамические и кинематические годографы каждой фиксированной компоненты подвергаются детальному анализу амплитудно-фазовых характеристик сигнала по первому экстремуму падающих продольных и поперечных волн.

Динамический годограф падающих и отраженных волн используется для определения эффективного затухания продольных и поперечных волн, связанного с трещиноватостью коллектора, его характером флюидонасыщения, пластовым давлением порозаполнителя, напряженным состоянием среды и раскрытостью трещин.

Кинематический годограф падающей волны приводится к вертикали. Выполняется медианная фильтрация по пяти точкам в скользящем окне. Затем вычисляются средние и фазовые скорости соответствующего типа волн с точностью до 1,5 %. По соотношению продольных и поперечных волн определяется коэффициент Пуассона.

Установлено, что для газонасыщенных высокопористых песчаников $\nu < 0,24$. Для водонасыщенных песчаников коэффициент Пуассона изменяется в пределах $0,30 < \nu < 0,33$. Для смеси флюидов (газ, нефть, вода) коэффициент Пуассона изменяется в пределах $0,24 < \nu < 0,30$. Заглинизированные песчаники характеризуются значениями $0,33 < \nu < 0,48$ (рис.1).

Коэффициент Пуассона характеризует деформационные свойства пород в зависимости от водонасыщения $\nu = f(K_v)$ (Рис.2)

Индикатриса коэффициента Пуассона позволяет определить характер флюидонасыщения и направление наилучшей проницаемости разреза (Рис.3).

Зоны аномального пластового давления выделяются по аномалиям коэффициента Пуассона, фазовых скоростей продольных и поперечных волн, а также аномалий их эффективного затухания на фоне линии нормального уплотнения "чистых глин".

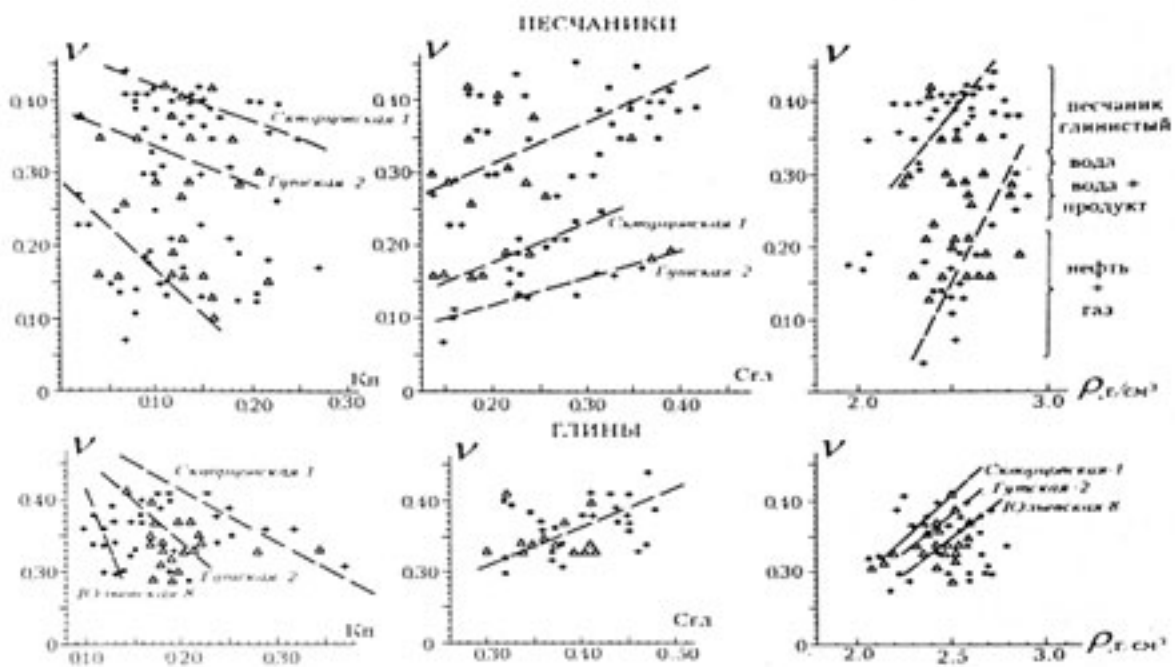


Рис. 1 Изменения коэффициента Пуассона в зависимости от пористости и глинистости разреза по северному борту Днепровско-Донецкой впадины.

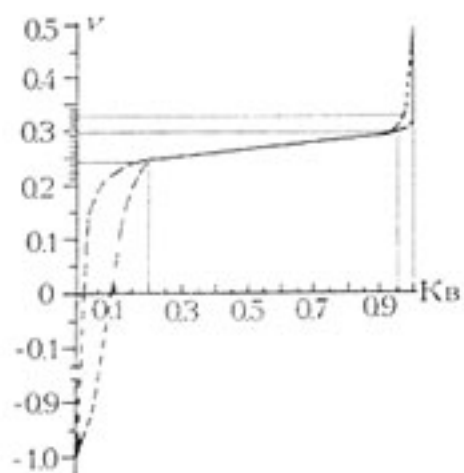


Рис. 2. Зависимость $\nu=f(K_{в})$.

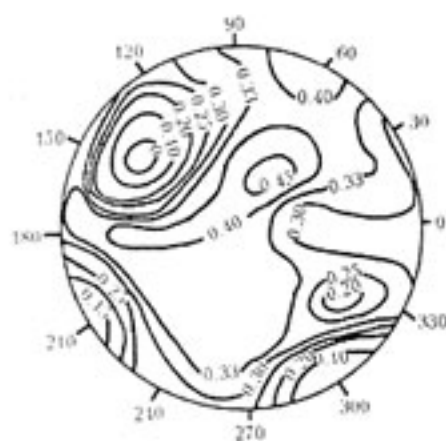


Рис. 3. Индикатриса коэффициента Пуассона в газонасыщенных песчаниках по скв. Безымянная-2, $H=1100$ м.

В интервалах повышенного пластового давления ($P = P_{\text{гидростат}} + \Delta P$) отмечаются высокие значения коэффициента Пуассона $0.35 < \nu < 0.45$ и повышенные значения эффективного затухания продольных и поперечных волн, а также пониженные значения (до 40 %) фазовых скоростей, связанные с повышенной раскрытостью трещин, заполненных различным флюидом.

В интервалах пониженного пластового давления ($P = P_{\text{гидростат}} - \Delta P$) отмечаются пониженные значения коэффициента Пуассона $0.15 < \nu < 0.30$ и пониженные значения эффективного затухания продольных и поперечных волн, а также повышенные значения (до 20 %) фазовых скоростей, связанные с закрытием малых трещин.

Прогнозирование характера флюидонасыщения по латерали в околоскважинном пространстве на расстояние сотен метров от скважины выполняется по разрезам интервальных скоростей V_p и V_s и коэффициента Пуассона (Рис.4).

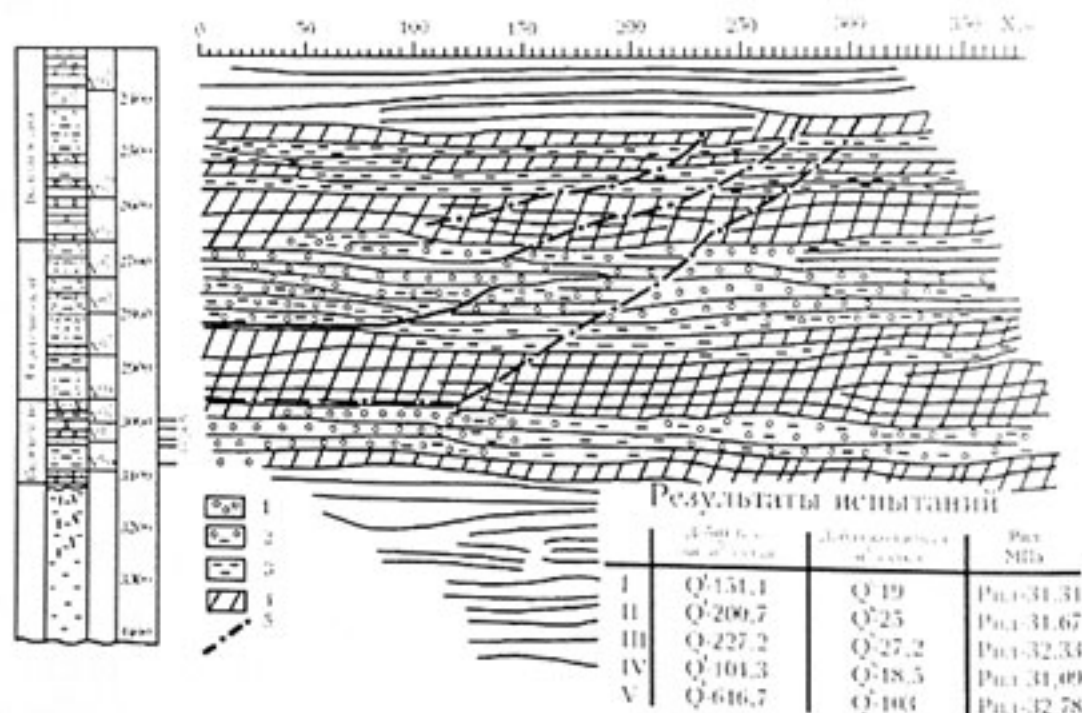


Рис. 4. Прогноз флюидонасыщения по скв. Скворцовская 1.
1 – газ; 2 – газ+вода; 3 – вода; 4 – флюидоупоры; 5- тектоническое нарушение

В интервалах нормального гидростатического давления

отмечается закономерный градиент увеличения с глубиной фазовых скоростей продольных волн для определенных литотипов пород: песчано-алевритового, глинисто-аргиллитового, карбонатного состава и хемогенных отложений (соли), что позволяет прогнозировать песчаность геологического разреза.

После введения поправок за газ и дисперсную глинистость выполняется прогнозирование эффективной пористости (по формуле среднего времени) и проницаемости (по формуле Казени-Кармана).

По индикатрисе фазовых скоростей с использованием тарировочных графиков определяется величина и направление главных ортонормальных напряжений в сложнапряженном $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ массиве горных пород.

Мониторинг изменений фазовых скоростей, коэффициента Пуассона и эффективного затухания продольных и поперечных волн в различных направлениях и по всему объему резервуара позволит контролировать технологические воздействия на залежь с целью оптимизации процессов обработки месторождения и повышения коэффициента нефтеотдачи пластов.

ГЛУБИННОЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ ТОРПЕДИРОВАНИЕ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ОКОЛОСКВАЖИННОГО ПРОСТРАНСТВА

В.Г. Козлов*, А.З. Кильметьев*, В.А. Силаев**,
А.И. Шляпников*

(* ОАО "Пермнефтегеофизика",

** ЗАО "Институт РОСТЭК", г.Пермь)

В последние годы метод ВСП стал ведущим при детализации строения нефтеперспективных объектов в околоскважинном пространстве в процессе их разбуривания. Вместе с тем проведение наземно-скважинных наблюдений только с одним видом работ в скважинах – приемом колебаний внутри среды – является односторонним подходом к методике

скважинной сейсморазведки, существенно сужающим область ее применения, особенно в районах с неблагоприятными поверхностными условиями для возбуждения упругих колебаний (выход на земную поверхность карбонатных закарстованных пород, высокая промышленная загруженность территории, заболоченность и залесенность местности со сложной орографией). При однократных наблюдениях в скважине отмечается зависимость результатов от особенностей условий возбуждения. В то же время реализация многократных наблюдений ВСП, особенно в площадном варианте, в настоящее время еще не вышла из стадии экспериментальных работ из-за технического оснащения и приводит к неприемлемым срокам задействования нефтяных скважин. Специфической проблемой ВСП является изменение формы записи отраженных волн при регистрации на разных глубинах из-за изменчивости геологических условий. В сейсмогеологических условиях Пермской области удаление источника от устья скважины вызывает формирование интенсивного поля падающих обменных волн, и выделение отраженных продольных волн часто становится проблематичным.

С целью преодоления вышеуказанных трудностей Силаевым В.А. предложено направление сейсмических скважинных исследований //, предусматривающее проведение нового вида сейсмических работ – производство взрывов в стволе глубоких скважин (торпедирование) с регистрацией колебаний на земной поверхности. Этот метод наземно-скважинных сейсмических исследований с применением глубинных источников колебаний и комбинированных систем наблюдений получил название глубинное сейсмическое торпедирование (ГСТ). В результате проведенных сейсмических исследований:

- получены данные о действии взрывов зарядов ВВ в специфических условиях открытого ствола глубоких скважин и проведена оценка сейсмической эффективности, развита теория скважинного погруженного излучателя;
- разработана методика проведения сейсмических работ с глубинным источником по профилю в открытом стволе скважин;
- разработана методика обработки и интерпретации

материалов нового метода –глубинного сейсмического профилирования;

- накоплен значительных объем полевого материала в ходе проведения опытно-методических работ.

Технология проведения работ по методике ГСТ позволяет достигнуть высокой оперативности с минимальным временем задействования скважин и максимальным объемом получаемой информации. Появилась реальная возможность применения пространственных систем сбора данных, а также совместного комплексного использования двух встречных наземно-скважинных систем наблюдений с глубинными источниками (ГСТ) и приемниками колебаний (ВСП), реализации межскважинных сейсмических наблюдений.

В докладе приводятся результаты модельных расчетов сейсмограмм ГСТ при реализации площадной системы наблюдений на земной поверхности, рассмотрены особенности волновых полей при двухмерном и трехмерном моделировании при наличии крутонаклоненных отражающих границ, синтезированы выборки совокупности трасс при заданных значениях их линейных координат. Показана универсальность пространственной системы наблюдений, заключающаяся в том, что из нее могут быть синтезированы все известные технологии наблюдений ВСП.

Внедрение ГСТ в производство сдерживается отсутствием специализированного программного обеспечения для обработки и интерпретации. С целью изучения программно-алгоритмических возможностей комплекса Geovecteur Plus проведена обработка материалов ГСТ, полученных в скважине на месторождении.

В докладе показано сопоставление временного разреза ГСТ-ОГТ с разрезом по наземному профилю, проходящему вблизи скважины. Сравнение волновых полей позволяет сделать следующие выводы:

- временной разрез ГСТ-ОГТ имеет более высокую разрешенность записи при сопоставимом соотношении С/П;
- повышенная разрешенность записи обеспечивает более надежную стратиграфическую привязку отражений и отображе-

ние дополнительных тонких геологических особенностей строения разреза.

Полученные результаты свидетельствуют о высоких потенциальных возможностях метода ГСТ для детализации нефтеперспективных объектов на этапах доразведки и разработки.

Литература:

1. Силаев В.А. Физические основы, область применения и геологическая эффективность глубинного сейсмического торпедирования. – Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 1988 (КамНИИКИГС).

РОЛЬ ОБМЕННЫХ ВОЛН В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ВСП

В.А. Ленский*, Т.С. Мамлеев**

(* ОАО НПП "ВНИИГИС", ** ЗАО НПФ "ГИТАС",

г.Октябрьский, Башкортостан)

Внедрение цифровой аппаратуры АМЦ-ВСП-3-48 привело к существенному повышению качества трехкомпонентной регистрации данных ВСП, что изменило представление о неустойчивости поляризации волн, повысило эффективность поляризационной селекции и позволило перейти от экспериментов к широкому практическому использованию волн разных классов при изучении геологического строения околоскважинного пространства. Как и прежде, основным источником информации о геологическом строении среды остаются монотипные продольные отраженные волны. В ряде случаев достоверность и точность результатов может быть повышена при совместном использовании монотипных продольных и поперечных отраженных волн. Падающие волны поперечного типа используются, как известно, для изучения анизотропии упругих свойств, одной из причин которой является трещиноватость пород.

В последнее время большой практический интерес вызывают обменные отраженные типа PS волны. Это связано с

тем, что прослеживание монотипных продольных отраженных волн на материалах ВСП с удаленным источником часто затруднено интенсивными падающими обменными типа PS волнами, которые образуются на резких сейсмических границах в верхней части разреза и обычно имеют близкий спектральный состав и близкую область поляризации. Обменные падающие волны, в свою очередь, создают интенсивный поток восходящих волн различного типа, в том числе с кинематическими параметрами, близкими к монотипным продольным отраженным волнам. В результате, основные способы селекции волнового поля с целью улучшения прослеживания монотипных продольных отраженных волн (по частотному составу, по кинематическим параметрам, по поляризации) оказываются не эффективными. Область поляризации обменных отраженных типа PS волн значительно отличается от поляризации падающих обменных волн, после поляризационной фильтрации они прослеживаются, как правило, без затруднений. Следует отметить, что в некоторых регионах, например, в Западной Сибири, сейсмогеологические условия разреза благоприятствуют образованию интенсивных обменных отраженных волн (иногда намного более интенсивных, чем монотипные отраженные) даже при относительно небольших удалениях источника от скважины.

Дальность прослеживания разреза в обменных отраженных типа PS волнах уменьшается приблизительно в полтора раза в связи с изменением пути сейсмических лучей. Этот недостаток компенсируется следующими преимуществами.

В случаях, когда из-за сложных сейсмогеологических условий сейсмический разрез в монотипных отраженных волнах является трудно читаемым, на разрезе в обменных волнах целевые отражения могут прослеживаться вполне уверенно.

Сейсмические разрезы в обменных волнах более разрешенны. К сожалению, применение такой эффективной процедуры повышения разрешенности записи, как деконволюция по форме сигнала, при обработке поля обменных волн некорректно.

При системах наблюдений ВСП с фиксированным положением источника на сейсмическом разрезе в обменных

типа PS волнах уменьшается область сейсмической тени под забоем скважины.

При больших удалениях источника на сейсмическом разрезе в ближней околоскважинной зоне коррелируемость монотипных отражений ухудшается. Причиной этого являются разрежение плотности данных и интерференция отраженных волн с во много раз более интенсивными падающими волнами, последствия которой полностью не устраняются кинематической селекцией волнового поля.

При исследовании наклонных скважин траектории прослеживания сейсмических границ в монотипных и в обменных волнах различны. Это повышает плотность прослеживания разреза, а также позволяет определить пространственное положение некоторых структурных элементов, например разломов, даже по материалам ВСП с одним положением источника.

Возможна и динамическая интерпретация сейсмических разрезов в обменных волнах с целью изучения свойств отдельных пластов (толщины пласта, замещения, пористости и характера насыщения). Динамический анализ обменных волн выполняется совместно с анализом монотипных продольных волн. Для обоснования интерпретационных критериев необходимы данные волнового АК, к сожалению, редко применяемого в отечественной практике ГИС.

Интерпретация сейсмических разрезов в обменных волнах всегда выполняется совместно с интерпретацией разрезов в монотипных продольных волнах, прежде всего с целью повышения точности и достоверности результатов, а также обеспечения наибольшей дальности прослеживания. Теоретически дальность прослеживания можно увеличить, используя дополнительно обменные отраженные типа SP волны, однако, эти волны уверенно прослеживаются в редких случаях и имеют, как правило, более сложную природу.

Наибольшей проблемой при использовании обменных (и монотипных поперечных) волн является определение скоростной модели поперечных волн. При использовании традиционных источников возбуждения определить первые вступления прямой

поперечной волны с необходимой точностью обычно невозможно. Повторные наблюдения с источником направленного возбуждения поперечных волн слишком удорожают и без того самый дорогой метод. Поэтому используются фазовые годографы прямой (если она прослеживается) и обменных падающих и отраженных волн поперечного типа. Высокое качество трехкомпонентных записей с цифровой аппаратурой АМЦ-ВСП-3-48 позволяет использовать для определения скоростной модели даже стандартное ВСП с небольшим удалением источника, на материалах которого волны поперечного типа присутствуют, хотя и очень слабые по сравнению с продольными волнами. После определения скоростной модели разработанное в ОАО НПП "ВНИИГИС" программное обеспечение экспресс-обработки данных ВСП позволяет выполнить полную обработку по любому типу волн для любой системы наблюдений методом скважинной сейморазведки без больших трудозатрат.

Вышесказанное иллюстрируется на примерах решения практических задач методом ВСП.

На одном из участков в Ульяновской области метод ВСП используется для детального изучения небольших по размерам брахиантиклинальных структур, образовавшихся в результате эрозионного размыва поверхности известняков турнейского возраста. Нефтяные ловушки представлены небольшими телами песчаников в маломощном (до 30 м) слое терригенных пород, залегающих среди карбонатных отложений. Сейсмогеологические условия осложняются развитием в приповерхностной части разреза песков, резко понижающих частотный состав сейсмозаписей. Даже при относительно небольших удалениях источника большая часть энергии падающего импульса передается на образование обменных волн. Несмотря на резкое отличие упругих свойств терригенных и вмещающих их карбонатных пород, монотипные продольные волны, отраженные от кровли и подошвы терригенных отложений, на первичных материалах имеют слабую интенсивность и прослеживаются с трудом. Их прослеживание осложнено также интенсивной падающей обменной типа PS

волной, образованной в верхней части разреза в кровле карбонатной толщи. При распространении вниз эта волна образует интенсивное поле восходящих волн разного типа, интерферирующих с монотипными продольными волнами, отраженными от целевых горизонтов. Даже после применения поляризационной фильтрации монотипные продольные отраженные волны прослеживаются значительно хуже, чем обменные типа PS. Глубинные сейсмические разрезы в обменных волнах более выразительны и в значительно большей степени отражают структуру среды, чем разрезы в монотипных продольных волнах. При интерпретации только сейсмических разрезов в монотипных продольных волнах имелись случаи значительных расхождений структурных построений по ВСП с данными последующего бурения, вызванные слабой динамической выраженностью отраженных волн. Сейсмические разрезы в обменных волнах в этих случаях удовлетворительно соответствовали результатам бурения.

На одном из нефтяных месторождений Западной Сибири три разведочные скважины вскрыли нефтяную залежь и ВНК на различных гипсометрических уровнях, сделано предположение, что вскрыты три отдельные тектонически экранированные залежи. С целью уточнения структурно-тектонического строения месторождения ОАО "Нижевартовскнефтегеофизика" в наклонной скважине выполнены работы методом ВСП. На разрезе в обменных волнах целевой горизонт прослеживается существенно лучше, особенно в ближней околоскважинной зоне, но дальность прослеживания уменьшилась (на одном из профилей с 1600 м до 1200 м). Глубинный разрез в обменных волнах показал, что скважина, заданная по материалам наземной сейсморазведки в купол поднятия, миновала купол и вскрыла продуктивный пласт в 250 м от купола на противоположном склоне поднятия. Признаки разломов на материалах ВСП отсутствуют. По данным ВСП скважины вскрыли либо три литологически экранированные залежи, либо единую пластовую залежь, экранированную в подошвенной части непроницаемым пропластком. Двукратное прослеживание разреза с использованием монотипных продольных и обменных

отраженных волн повысило достоверность интерпретации результатов ВСП. По материалам одного положения источника определена пространственная ориентация разломов и оси прогиба севернее исследованной скважины.

ОЦЕНКА РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВСП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

К. В. Баранов, А. К. Душутин
(ООО «ГЕОВЕРС», г. Москва)

Во многих случаях работы ВСП проводятся без предварительной обработки и контроля качества в процессе полевых работ. В связи с этим нередко возникают ситуации, когда результаты, полученные после обработки и интерпретации данных, не удовлетворяют поставленным задачам. Одной из причин этого является то, что уже исходные данные, полученные в поле, таковы, что по ним решение поставленных задач невозможно. Связано это, как правило, с недостаточно высоким качеством данных. Поэтому при обработке данных ВСП большее значение должно уделяться именно оценке качества исходных данных. К оценке качества относится контроль кабельных глубин, оценка стабильности отметки момента и контрольного прибора, оценка качества записей глубинного прибора и так далее.

Одним из параметров, определяющих качество данных ВСП, является разрешающая способность, которая фактически является оценкой качества записей глубинного прибора. Такая оценка заключается в расчете отношения нормированных по окну расчета осредненных амплитудных спектров области первых вступлений и шумов до начала записи. Рассчитанная таким образом оценка позволяет оценить детальность решения геологической задачи.

Для соотнесения ширины полезного спектра с разрешенностью используется модельная трасса, полученная в результате свертки нуль-фазового сигнала с заданной шириной

спектра с идеальной импульсной сейсмограммой, рассчитанной по данным ГИС.

При анализе результатов следует учитывать, что отношение сигнал/шум, равное единице, соответствует полному отсутствию полезного сигнала. За уровень минимальной достаточности принято значение 20, что соответствует двойному превышению сигнала над шумами для волн, отраженных от границ с коэффициентами отражения 0.1. Минимальная достаточность означает, что отношение сигнал/шум, равное 2, неприемлемо в конечных результатах и требуется осреднение по направлению волны. Это осреднение должно также компенсировать ослабление отражений вверх по разрезу за счет геометрического расхождения и поглощения.

На рис.1 приведен пример оценки отношения сигнал/шум первичных данных глубинного прибора в полном спектре и на трех заданных частотах. Приведенные оценки свидетельствуют о том, что первичные данные позволяют строить изображение околоскважинного пространства в частотном диапазоне до 75Гц, что соответствует разрешенности не лучше 15 – 20 м.

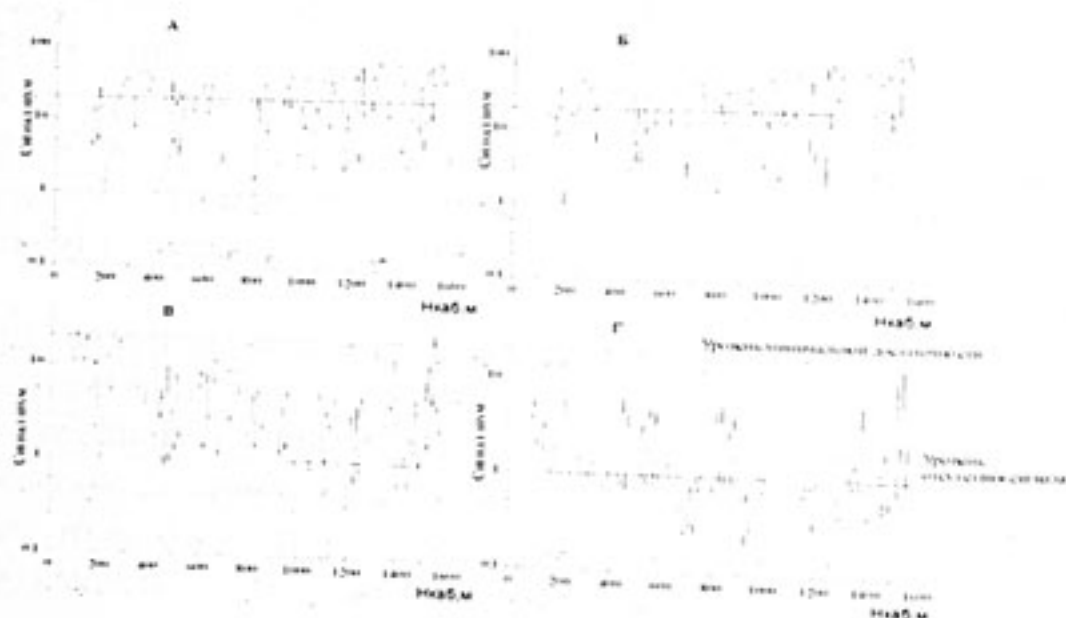


Рис.1 Отношение сигнал/шум
а – в полном спектре 0-250 Гц; б – в интервале 25-75 Гц;
в – интервале 125-175 Гц; г – интервале 225-275 Гц

Предложенная методика реализована в виде программ в пакете «ЮНИВЕРС» и использована с положительным результатом на нескольких объектах.

РЕДАКТИРОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ И ВСПЛЕСКОВЫХ ШУМОВ В ЗАПИСЯХ ВСП

*В. Н. Ференци, И. В. Яковлев, А.Ю. Барков
(ООО «ГЕОВЕРС», ОАО «ЦГЭ», г. Москва)*

Качество обработки данных ВСП зависит от отношения сигнал/шум в исходных полевых записях. Однако даже при низком отношении сигнал/шум можно добиться решения поставленной геологической задачи, если применять эффективные методы подавления шумов.

Обычно для борьбы с гармоническими шумами применяется режекторная фильтрация, «вырезающая» в спектральной области заданный диапазон частот. Основным недостатком данного метода является искажение формы сигнала, вызванное тем, что «вырезанные» частоты могут быть частью полезного сигнала. При обработке данных ВСП с этими помехами можно эффективно бороться, так как в трассе ВСП есть интервал до времени прихода первой волны, где заведомо нет полезного сигнала. По этому интервалу можно определить параметры помехи, смоделировать ее реализацию на всем временном интервале регистрации и вычесть из трассы.

Для борьбы с пиковыми выбросами во временной области, обычно применяют различные методы интерполяции и усреднения. Эффективность этих методов резко падает, когда несколько выбросов расположены на небольшом временном удалении друг от друга. Для решения этой задачи авторами предложено разделить области полезного сигнала и шумов, методом фильтрации, далее по области шумов определять параметры помехи, решая итеративно уравнения свертки. Этот метод эффективно убирает пиковые выбросы, значение амплитуды в которых в несколько раз превышает полезный сигнал.

В случае, когда амплитуда пиковых выбросов сопоставима с амплитудой полезного сигнала, предложено применить новый математический аппарат, основанный на вейвлет-разложении сигнала.

На основе предложенных алгоритмов разработаны программы предобработки данных ВСП в пакете «ЮНИВЕРС». При опробовании на реальных данных получен положительный результат повышения отношения сигнал/шум.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АНИЗОТРОПНОЙ
ПАРАЛЛЕЛЬНО-СЛОИСТОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ ПУТЕМ
ОПТИМИЗАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ
КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ГОДОГРАФОВ
ПЕРВЫХ ВСТУПЛЕНИЙ ВСП ИЗ НЕСКОЛЬКИХ
ПУНКТОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ**

А.А. Табаков*, И.Е. Солтан*, П.М. Боков*, К.В. Баранов**,
А.К. Душутин**

(* ОАО «ЦГЭ», ** ООО «Геоверс», г. Москва)

В процессе обработки и интерпретации данных ВСП одной из наиболее важных задач является задача определения кинематических характеристик среды во вскрытой части разреза. Такая задача обычно решается путем построения толстослойной скоростной модели с использованием данных ГИС и ВСП из ближнего пункта возбуждения. Практика показывает, что построенная таким образом модель почти всегда плохо соответствует наблюдениям из удаленных пунктов возбуждения. Это может происходить за счет таких факторов, как наличие анизотропии, различие в условиях возбуждения, неоднородности среды, присутствия статических сдвигов в данных наблюдений и т.п. Тем не менее, для интерпретации данных из нескольких удаленных пунктов возбуждения и построения изображений околоскважинного пространства требуется иметь модель, наиболее адекватно описывающую распространение волн в окрестности скважины. Чаще всего на практике для того, чтобы построить такую модель, предполагают, что среда в окрестности

скважины является анизотропной, и подбирают параметры анизотропии для наилучшего соответствия модельных годографов первых вступлений и реальных данных наблюдений. При этом важно, чтобы построенная таким образом модель наилучшим образом согласовывалась одновременно с данными наблюдений со всех пунктов возбуждения.

Разработан оптимизационный метод решения задачи определения параметров анизотропной параллельно-слоистой модели среды по годографам первых вступлений ВСП из нескольких пунктов возбуждения.

В качестве модели среды рассматривается кусочно-однородная параллельно-слоистая модель. Кроме того, предполагается, что каждый из слоев является поперечно-изотропным (трансверсально-изотропным) с осью симметрии, совпадающей с нормалью к границам пластов. Модель будем описывать упругими параметрами (плотность ρ_i ; упругие модули c_{kl}^i или скорости α_i, β_i, \dots) каждого слоя, а также толщинами слоев $h_i, i = \overline{1, N}$ (N – количество слоев). Рассматривается частный случай поперечно-изотропной среды – поперечно-изотропная среда с эллиптической анизотропией, т.е. скорости распространения волн в каждом из слоев полностью определяются скоростями в направлениях вдоль и поперек оси анизотропии.

Пусть задана система точек наблюдения (x_m^R, y_m^R, z_m^R) , расположенных вдоль скважины, представляющую собой некоторую пространственную кривую. Заданы также координаты источников (x_m^S, y_m^S, z_m^S) . Несмотря на то, что задача является, вообще говоря, трехмерной, очевидно, что ее можно свести к двумерной постановке соответствующим поворотом системы координат. Поэтому для расчета кинематических характеристик сейсмической волны для фиксированной m -ой пары источник-приемник достаточно знать горизонтальное расстояние между источником и приемником L_m , а также вертикальные координаты как источника z_m^S , так и приемника z_m^R в такой

системе координат.

Для подбора параметров модели среды необходимо минимизировать функционал вида (1) в виде взвешенной суммы квадратов разностей времен, рассчитанных по модели и реальных времен первых вступлений по данным ВСП:

$$F^T(\mathbf{a}) = \sum_{m=1}^M w_m [t_m(\mathbf{a}) - \bar{t}_m + t_0(m)]^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где M – количество рассматриваемых приемников; w_m – весовой множитель; \bar{t}_m – экспериментальное время; $t_0(m)$ – статическая поправка ко времени распространения (может быть своя для каждого пункта возбуждения); $t_m(\mathbf{a})$ – модельное время; \mathbf{a} – полный набор параметров, описывающих модель среды (в качестве набора параметров модели в данном случае выступают скорости в направлениях вдоль и поперек оси анизотропии в каждом из слоев модели).

Для минимизации функционала (1) используются градиентные методы. Поскольку процесс минимизации является итерационным, то для решения поставленной задачи необходимо иметь быстрый алгоритм расчета времен первых вступлений в рамках рассматриваемой модели среды. Соответствующий алгоритм разработан на основе решения для каждой пары источник-приемник нелинейного уравнения вида:

$$f(p) = L + \sum_{i=1}^{N_s} h_i \frac{dm_i(p)}{dp} = 0, \quad (2)$$

где $m_i(p) = \sqrt{v_i^{-2}(p) - p^2}$, L – горизонтальное расстояние источник-приемник, $v_i(p)$ – скорость в слое с номером i в направлении, определяемом лучевым параметром p , а p – искомый лучевой параметр.

После того, как из уравнения (2) определяется неизвестный лучевой параметр p , время первого вступления прямой волны

для данной пары источник-приемник рассчитывается по формуле:

$$t = pL + \sum_{i=1}^{N_s} h_i m_i(p) \quad (3)$$

Аналогичным образом рассчитывается время первого вступления в случае головных волн.

На основе изложенного подхода разработана программа для системы обработки данных ВСП «ЮНИВЕРС». Программа опробована на реальных данных ВСП на различных площадях Западной Сибири. Получены реалистичные модели среды, обеспечивающие хорошее совпадение результатов обработки данных ВСП с данными ГИС и наземной сейсморазведки.

**ОЦЕНКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ
ПО ТРЕХКОМПОНЕНТНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ ВСП**
А.А. Табаков*, И.Е. Солтан*, К.В. Баранов**, А.К. Душутин**
(ОАО «ЦГЭ», ООО «ГЕОВЕРС» г. Москва)

Наблюдения методом ВСП потенциально позволяют оценивать большое количество параметров изучаемой среды. Причем многие из них можно оценить только по данным поляризованного метода ВСП, в котором изучается полный вектор сейсмических колебаний. Однако до недавнего времени методика полевых работ и качество полевых данных не позволяли полноценно произвести векторную обработку материалов. С этим также связано медленное развитие промышленного программного обеспечения, нацеленного на такую обработку.

В последнее время качество многокомпонентных полевых данных возросло. Это связано как с совершенствованием аппаратуры, так и с усилением контроля качества полевых работ. Кроме того, на основе накопленного опыта работ по ВСП большое внимание уделяется проектированию методики полевых наблюдений. Например, ближние пункты взрыва теперь относятся на 250-300м. При таком удалении становится

возможной ориентации записей зонда и определение параметров поляризации различных типов волн, но при этом наблюдения не теряют свойств продольной модификации ВСП. В связи с этим все большее внимание уделяется разработке новых подходов для векторного анализа волновых полей. В частности огромное значение уделяется исследованиям параметров поляризации сейсмических волн.

Изучение параметров поляризации позволяет получать дополнительные сведения о таких свойствах среды, которые не могут быть получены из традиционных скалярных методах исследований, либо их получение связано с громоздкими и дорогостоящими наблюдениями. Одними из таких параметров являются углы и азимуты наклонов границ. Очевидно, что знание этих параметров очень важно, поскольку без них невозможно построить точную трехмерную модель среды.

Авторами предлагается следующая методика определения углов и азимутов наклонов границ. По трехкомпонентным записям для продольной падающей и продольной отраженной волны определяются параметры поляризации. Для этого для каждой из волн в небольшом окне, рассчитывается матрица автокорреляции и определяется собственный вектор, соответствующий максимальному собственному значению. Этот вектор показывает направление прихода волны в точку наблюдения. Таким образом определяются вектор падения и вектор отражения от границы. По этим двум векторам рассчитывается вектор нормали к границе. Угол с вертикалью и азимут этой нормали и есть искомые параметры. Рассчитав таким образом углы и азимуты в каждой точке наблюдения, можно получить их распределение по глубине.

По этим результатам строится трехмерная модель среды, используемая для корректной миграции данных ВСП при изучении околоскважинного пространства.

Предложенная методика реализована в пакете обработки и интерпретации данных ВСП «ЮНИВЕРС», опробована с положительным результатом на модельных и реальных данных.

НОВЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПАССИВНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

С.И.Александров

(ОАО «ЦГЭ»)

В последнее время методика пассивного сейсмического мониторинга (ПСМ) активно развивается в связи с ее успешным применением в нефтегазовой индустрии - для диагностической визуализации гидроразрывов пластов при интенсификации добычи углеводородов, трассировки потоков флюидов и картирования термальных фронтов, обнаружения разломов в окрестности газовых хранилищ и др. (Maxwell and Urbancic, 2001). Эта методика основана на определении источников (гипоцентров) сейсмической эмиссии, вызванной изменениями в напряженно-деформированном состоянии пород, например, в результате инъекции флюидов, газа или проппанта в скважины.

Распространенная методика обработки данных ПСМ использует стандартные приемы метода Гейгера, применяемые в сейсмологии при определении эпицентров землетрясений - по разности времен прихода продольных и поперечных волн и по направлению на очаг, оцениваемому по ориентации оси поляризации продольной волны (Aki and Richards, 1980). Высокая пропускная способность каналов современных систем регистрации позволяет эффективно применять технику анализа в реальном времени и осуществлять непрерывный мониторинг процесса образования и миграции гидроразрывов в диапазоне порядка 0.5 км при использовании многоуровневых скважинных ЗС наблюдений (Walter et al., 2000). Вместе с тем, стандартная методика имеет один существенный недостаток - она позволяет локализовать только одиночное событие и неработоспособна в условиях интерференции колебаний от множества одновременно действующих эндогенных источников (например, при лавинообразном трещинообразовании). Кроме того, процедура инверсии требует наличие парных вступлений Р- и S-волн с хорошим отношением сигнал/помеха на большинстве приемников.

Вследствие этого стандартная методика содержит большой объем ручной работы по определению и уточнению параметров волн в случае их неуверенного выделения блоком автообнаружения обрабатывающей системы, не обладает высокой помехоустойчивостью и имеет относительно невысокий «КПД» - распознаются только ~10-15% от общего числа зарегистрированных событий (Zinno et al., 1998).

Перспективы в этом направлении связаны с применением методов сейсмоэмиссионной томографии, позволяющих осуществлять локализацию множества одновременно действующих источников эндогенного излучения (Nikolaev and Troitsky, 1987; Александров и Рыкунов, 1992; Alexandrov and Mirzoev, 1997; Александров, 1999). Основной процедурой этих методов является реконструкция поля интенсивности эмиссии во внутренних точках среды в заданных объемах. Количество одновременно действующих эмиссионных источников, которые можно совместно локализовать с помощью подобных методов, соизмеримо с количеством пунктов приема (если эти источники функционируют независимо друг от друга).

Среди различных алгоритмов сейсмоэмиссионной томографии особое внимание заслуживают адаптивные процедуры, использующие технику высокого разрешения. Они основаны на определенных критериях оптимального приема – оценки Кейпона по максимуму функции правдоподобия, авторегрессионные оценки Бурга с максимальной энтропией и др. (Мюнье и Делиль, 1987). Для анализа сейсмических трехкомпонентных наблюдений разработаны специальные алгоритмы, использующие высокоселективные приемы поляризации фокусировки поля (Александров, 1999). Адаптивные методы обладают существенно более высокой способностью гашения паразитных лепестков характеристики направленности приемной антенны по сравнению с неадаптивными методами, что приводит к большей достоверности анализа.

Одной из особенностей разрабатываемой обрабатывающей системы является возможность планирования системы наблюдений ПСМ. С помощью решения прямой задачи и процедуры инверсии можно выбрать оптимальную configura-

цию (количество пунктов приема, их расположение, частотную полосу анализа и др.) в соответствии с требуемой разрешающей способностью пространственной локализации сейсмозмиссионных источников на заданных удалениях. На Рис. 1 показан результат такого анализа при реконструкции поля интенсивности источников при использовании скважинных 12-уровневых ЗС наблюдений.

Разрабатываемая в ЦГЭ новая технология диагностической визуализации гидроразрыва пластов, ядром которой является методика ПСМ, основанная на применении различных способов сейсмозмиссионной томографии в сочетании со стандартными способами анализа, позволит более надежно проследить образование гидроразрыва и определить его геометрию.

Литература:

Александров С.И., 1999, Поляризационный анализ сейсмических волн. М.: ОИФЗ РАН, 142 с.

Александров С.И., Рыкунов Л.Н., 1992, Шумовой мониторинг в Южной Исландии // Доклады РАН. 1992. Т.326. №5. С.808-810.

Мюнье Ж., Делиль Ж.Ю., 1987, Пространственный анализ в пассивных локационных системах с помощью адаптивных методов // ТИИЭР. 1987. Т.75. №11. С.21-37.

Aki, K. and Richards, P.G., 1980, Quantitative seismology, theory and methods, vol. 2. W.H. Freeman and Co., San Francisco.

Alexandrov, S.I., Mirzoev, K.M., The monitoring of endogenous microseismic radiation in the region of the Romashkinskoe oilfield // Structure of the upper mantle of the Earth. The International EUROPROBE conference, Moscow, 16-20 April 1997. Abstracts. P.100.

Maxwell, S.C. and Urbancic, T.I., 2001, The role of passive microseismic monitoring in the instrumented oil field// The Leading Edge, 6, 636-639.

Nikolaev, A.V., Troitsky, P.A., 1987, Lithospheric studies based on array analysis of P-coda and microseisms // Tectonophysics, 140, 103-113.

Walter, L.A., Zinno, R.J., Urbancic, T.I., 2000, Real-time fracture diagnostic – using a multi-level, multi-component, large

aperture seismic receiver, Expanded Abstracts, Annual Meeting of the Soc. Explor. Geophys., Calgary.

Zinno, R.J., Gibson, J., Walker Jr., R.N. and Withers, R.J., 1998, Overview: Cotton Valley Hydraulic Fracture Imaging Project: Annual Meeting Abstracts, Society Of Exploration Geophysicists, 926-929.

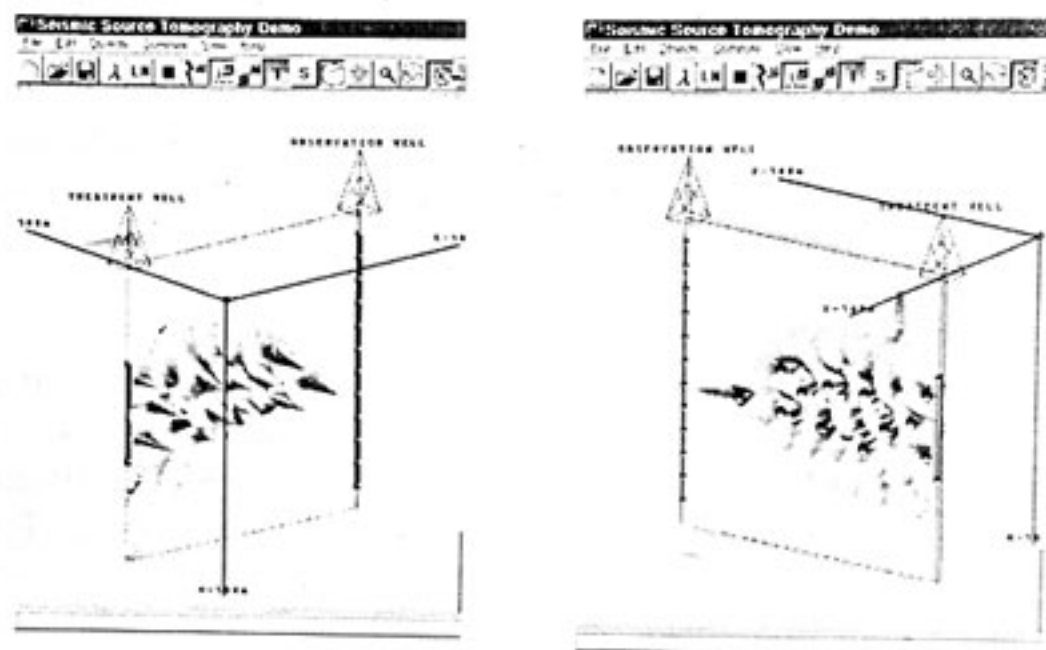


Рис.1. Результат реконструкции поля интенсивности сейсмической эмиссии при планировании системы наблюдений ПСМ с использованием сейсмоэмиссионной томографии (слева – внешний вид энергетической поверхности, показывающий распределение пиков интенсивности эмиссии; справа – вид изнутри, показывающий распределение истинных источников).

СЕЙСМОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ

Б.М.Шубик*, А.В.Николаев**

(* Институт проблем нефти и газа РАН, Москва;

** Институт физики Земли РАН, Москва)

Эмиссионная томография – это новый метод сейсмической разведки, позволяющий извлечь информацию о строении и

состоянии среды на основе регистрации микросейсм, т.е. сейсмического шума. Развитию этого метода предшествовали исследования сейсмических шумов на поверхности земли, в штольнях и скважинах у истоков которых стоял Е.И.Гальперин. В 1953-1954 гг. он вместе с Г.А.Гамбурцевым исследовал высокочастотные микросейсм (20-50 Гц) на Гармском полигоне по прогнозу землетрясений (Центральный Таджикистан). Был получен удивительный результат в который сами авторы с трудом поверили: оказалось, что на станциях, разнесенных на несколько десятков километров, вариации уровня микросейсм происходят синхронно. Это было объяснено ими как факт генерации микросейсм в глубине земной коры. К сожалению, работа в то время осталась незамеченной, и сам Евсей Иосифович сначала не уделил открытию должного внимания, а потом и усомнился в нем. Следующее его «столкновение» с эндогенными микросейсм произошло в 1962 г. при регистрации взрывов ГСЗ в глубокой скважине в районе Бухары. В этих наблюдениях в качестве оператора принимал участие один из авторов. Ожидалось, что уровень микросейсмического шума должен снизиться к глубине 2000 м в 8-10 раз. Место наблюдений было удаленным от источников помех, погода – ясная, безветренная, фон микросейсм на поверхности на удивление низкий. Но на еще большее удивление он практически не менялся с глубиной, даже на некоторых глубинах был несколько ниже. Увлеченный идеей повышения эффективности регистрации установки приборов в глубоких скважинах (а речь шла о контроле американских ядерных испытаний), Гальперин не мог смириться с такой природой вещей. Приборы непрерывно опускались в скважину и поднимались, перепроверялись, сравнивались записи микросейсм и взрывов в глубине и на поверхности, делались самые невероятные предположения о причине такой «неудачи». В конце концов, измученный, Евсей Иосифович решил, что шум этот родится на глубине и он неустраним. Таким образом он открыл эндогенные микросейсм второй раз и уже не изменял своей точки зрения. Разработка метода эмиссионной томографии явилась продолжением и в каком-то смысле завершением этих пионерских работ.

Метод эмиссионной томографии базируется на анализе сигналов от источников (эмиттеров), находящихся внутри исследуемой среды.

В качестве эндогенных эмиссионных источников, могут выступать как активные первичные излучатели сейсмических сигналов, так и вторичные переизлучатели рассеянных волн.

В настоящей работе рассматриваются задачи, связанные с построением трехмерных моделей распределения в среде сейсмически шумящих объектов.

Присутствие в среде источников сейсмического излучения или контрастных неоднородностей приводит к появлению когерентных компонент в случайном волновом поле, зарегистрированном на поверхности. Используя данные сейсмической группы и оценивая по ним энергию когерентного излучения сферических волн, исходящих из различных точек исследуемой среды, можно построить трехмерные карты распределения источников микросейсмической активности среды или 3-D "изображение" сейсмически шумящих объектов.

Пространство под группой сканируется лучом сейсмической антенны в узлах кубической решетки. Суть обработки сводится к сравнительной оценке энергии сигналов, излучаемых различными точками исследуемого объема среды. В процессе сканирования каждому узлу присваивается вес, пропорциональный экспериментальной оценке энергии когерентного излучения, исходящего из данной точки. Для оценки энергии сигналов по зарегистрированной сейсмограмме рассчитываются интегральные оценки отношения сигнал/помеха для каждого узла сетки опроса.

На основании предложенного подхода нами был разработан и реализован метод сейсмической разведки и мониторинга активных объектов. Результаты обработки зарегистрированных данных позволили впервые получить стабильную во времени картину пространственного распределения сейсмических шумов и локализовать их источники в исследуемом объеме (размером 5км x 6км до 2км глубины), расположенном в гидротермальной области на севере Исландии. Анализ пространственного распределения интенсивности шумов и сопоставление этой

модели с другими геофизическими полями, температурными аномалиями и обнаруженными проявлениями гидротермальной активности, выполненный исландскими геофизиками, подтверждают гипотезу о том, что полученные "шумовые портреты" района работы соответствуют пространственному распределению гидротермальной активности, а разработанная методика может использоваться для решения многих разведочных задач.

Метод эмиссионной томографии и разработанное программное обеспечение было с успехом применено для локализации контрастных неоднородностей и сейсмоактивных зон в нефтеносном регионе в Колумбии. Анализ проводился по данным локальной сейсмологической сети.

Методы эмиссионной томографии обеспечивают возможность объемной геолокации достаточно сложных объектов. Принципиальные ограничения этих методов связаны с тем, что у них низкая разрешающая способность и надежность обнаружения объектов, отличающихся слабой эмиссионной способностью, т.е. они плохо различают в исследуемой толще "молчание", неактивные объекты.

Перспектива применения метода в сейсмической разведке полезных ископаемых связана с тем, что залежи углеводородов, рудные месторождения, тектонические разломы, зоны повышенной трещиноватости и кавернозности являются ярко выраженными аномалиями сейсмической эмиссии.

Раздел 2. Результаты проведения исследований методами скважинной сейсморазведки в различных регионах

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СКВАЖИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ОАО «БАШНЕФТЕГЕОФИЗИКА»

Г.З. Валеев, Р.Я. Адиев, В.Ф. Пахомов, Ю.Г. Антипин,
М.Ю. Зотеева

(ОАО «Башнефтегеофизика», г.Уфа)

Скважинная сейсморазведка в модификации продольно-непродольного вертикального сейсмического профилирования выполняется ОАО «Башнефтегеофизика» с 1990 года. Основными районами работ являются Башкортостан и Западная Сибирь. За истекший период (по состоянию на 01.01.2001г.) методом НВСП исследовано: по Республике Башкортостан 146 скважин, по Западной Сибири 37 скважин и рекомендовано в их окрестностях для глубокого бурения 323 перспективных точки. Динамика выполненных работ по годам иллюстрирует этапность в развитии и использовании метода. Так, за первые 6 лет доля выполненного объема работ по республике Башкортостан составляет всего 16 %, а за последние 5 лет соответственно 84%. О росте эффективного применения НВСП в республике Башкортостан свидетельствует тот факт, что за последние 3 года по рекомендациям на основе данных НВСП пробурено глубоких скважин в 5.4 раза больше, чем за 8 предыдущих лет. Приведенные факты свидетельствуют о принципиально иной (в отличие от прошлых лет) ориентации потребителя на применение НВСП, а именно, о фактическом включении его результатов в комплекс ГИС при одновременном использовании его в качестве детального сейсморазведочного метода.

В ходе практического применения метода НВСП непрерывно совершенствуется технология работ (особенно в области обработки и интерпретации) и расширяется круг решаемых с его помощью геологических задач. Наряду с

традиционными задачами по изучению скоростной характеристики вскрываемого геологического разреза и изучения волнового поля и его привязки к стратиграфическому разрезу, на сегодня накоплен значительный опыт по изучению околоскважинного пространства с целью:

- 1) оценки геометрии отражающих границ;
- 2) прослеживания по площади и оценки эффективных толщин коллекторов в нефтеперспективных интервалах геологического разреза;
- 3) установления границ выклинивания и замещения терригенных коллекторов;
- 4) выделения и картирования тектонических нарушений и сопряженных с ними структурных элементов (горстовидные поднятия, грабенообразные прогибы);
- 5) выявления, картирования и исследования внутреннего строения карбонатных построек;
- 6) выявления в карбонатных разрезах участков повышенной пористости и трещиноватости и получения на этой основе представления об объемном расчленении разреза по проницаемости слагающих его карбонатов.

В последнее время активно исследуется в опытно-методическом плане вопрос о возможности применения НВСП для прослеживания фронта закачиваемых или внедряющихся из законтурного пространства вод при разработке месторождений и залежей нефти. Результаты первого этапа исследований представляются достаточно обнадеживающими и практически полезными.

Другой важной геологической задачей, ставящейся заказчиком является изучение в околоскважинном пространстве характера развития уже выявленных нефтеносных объектов. Это стало возможным благодаря установленной на практике и затем получившей твердое теоретическое обоснование возможности прогнозирования развития коллекторов и оценки их нефтенасыщенности на основе динамического (амплитудно-частотного) анализа. Сейчас мы имеем уже массовый опыт спешного применения разработанной методики,

подтвержденный бурением.

В большинстве случаев наблюдения НВСП выполняются на участках, исследованных ранее наземной сейсморазведкой, что способствует более обстоятельному анализу геолого-геофизических данных. Имеются достаточно эффективные примеры удачной корректировки или даже исправления с помощью НВСП рекомендаций и оценок перспективности, выданных ранее по материалам наземной сейсморазведки. На практике, однако, нередко возникает необходимость исследовать участки, не освещенные наземной сейсморазведкой. Опыт таких исследований и положительные результаты проверки бурением наших прогнозов свидетельствует о принципиальной возможности эффективного использования НВСП на участках, не доступных по каким-либо причинам для наземной сейсморазведки. Эта способность метода работать в самостоятельном режиме в настоящее время активно используется на ряде разведочных площадей республики Башкортостан, где широко внедряется новое геолого-геофизическое направление исследований – площадное или линейное комплексирование глубокого бурения и НВСП, позволяющее быстро и эффективно изучать в полосовой или площадной связке окрестности нескольких глубоких скважин.

В последнее время большое внимание уделяется развитию метода НВСП в Западной Сибири, где работы носят пока опытно-методический характер. Большую сложность при интерпретации данных ВСП и НВСП в Западной Сибири вызывает тонкослоистый характер разреза и низкая контрастность поисковых объектов. Здесь также имеются положительные примеры интерпретации материалов НВСП по скважинам Когалымского региона, где объектами исследования являются залежи нефти в пласте Ю₁ васюганской свиты и газовые залежи в отложениях покурской свиты. Если присутствие газа в коллекторах приводит к появлению динамических аномалий на временных разрезах НВСП (эффект «яркого пятна»), то присутствие нефти не дает такого заметного эффекта.

Оценивая в целом минувшие годы по объемам выполненных работ НВСП и их геологической эффективности,

можно сделать однозначное заключение о том, что скважинная сейсморазведка, выполняемая подразделениями ОАО «Башнефтегеофизика», имеет устойчивую тенденцию к расширению круга решаемых задач, развитию и совершенствованию метода.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ НА ПОЗДНИХ СТАДИЯХ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТАТАРСТАНА

Т.Н.Ишуев, Г.Н.Знатокова, А.А.Звегинцев
(ОАО «Татнефтегеофизика», г.Бугульма, РТ)

Скважинные сейсмические исследования в ОАО «Татнефтегеофизика» проводятся с 1956 года. За это время исследовано около 1500 глубоких скважин. Наиболее широкое применение вертикальное сейсмопрофилеирование получило в последние 10 лет. В настоящее время, кроме параметрического обеспечения наземной сейсморазведки (скоростной характеристики разреза и литолого-стратиграфической привязки отраженных волн), ВСП решает ряд самостоятельных задач:

- изучение структурных особенностей продуктивных отложений девона и карбона (выявление локальных поднятий, прогибов, разрывных нарушений) методом непродольного вертикального сейсмического профилирования;

- изучение трещиноватости карбонатных отложений двумя независимыми способами: оценка сейсмической анизотропии путем изучения феномена расщепления поперечной волны в анизотропных средах и оценка анизотропии подвижности флюида или способ возбужденной гидроволны.

Комплексирование НВСП, ПМ ВСП и способа возбужденной гидроволны позволяет получить сведения о наклоне и целостности продуктивного пласта, о направлении и степени трещиноватости карбонатных отложений, необходимые при проектировании горизонтальных скважин.

Полевые наблюдения выполняются цифровыми шестиприборными однокомпонентными или трехприборными

четырёхкомпонентными зондами с управляемыми прижимами, разработанными и изготовленными в ОАО «Татнефтегеофизика».

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СКВАЖИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В УСЛОВИЯХ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Г.Козлов, Б.В.Дроздов, Р.Ф.Лукьянов
(ОАО «Пермнефтегеофизика», г.Пермь)

Сейсморазведочные работы на нефтеперспективных площадях Пермской области планомерно сопровождаются скважинными сейсмическими исследованиями. При комплексировании сейсморазведки со структурным бурением – в структурных скважинах проводится сейсмокаротаж (СК), в поисково-разведочных – вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП). База данных содержит к настоящему времени материалы исследований свыше 5500 скважин. Эти материалы систематически обобщаются и результаты интерпретации в виде региональных и локальных карт средних и интервальных скоростей хранятся на электронном носителе. В условиях сложного, невыдержанного строения геологического разреза, обусловленного наличием толщ солей, рифогенных построек, карста, врезов, точность скоростных законов и стратиграфическая привязка отражений оказывают решающее влияние на эффективность сейсморазведочных работ.

С начала 80-х в ОАО «Пермнефтегеофизика» развиваются технологии скважинной сейсморазведки для изучения строения околоскважинного пространства. Одним из направлений является метод глубинного сейсмического торпедирования (ГСТ), предусматривающий создание в открытом стволе скважин профиля взрывов и реализацию с его участием разнообразных наземно-скважинных систем наблюдений. Это направление развивалось в Камском отделении ВНИГНИ (в настоящее время КамНИИКИГС) под руководством В.А.Силаева. В ряде скважин опытно-производственные исследования выполнены силами ОАО «Пермнефтегеофизика». В процессе разработки технологии

ГСТ были отработаны методика проведения сейсмических взрывов в скважине, способы наблюдений, обработки и интерпретации, выяснена геологическая эффективность и область применения. Внедрение в производство этого направления сдерживалось отсутствием специализированного программного обеспечения для обработки и интерпретации, так как методика и техника определения поправок, суммирования способом ОГТ данных ГСТ значительно сложнее, чем при обработке наземных сейсмических материалов. Возможности современного обрабатывающего комплекса Geovector Plus позволяют проводить обработку материалов ГСТ и получать высокоинформативные разрезы способом ОГТ. В докладе приводятся примеры обработки данных ГСТ. Высокая оперативность и возможность высокотехнологичного сбора сейсмических данных с применением многоканальных телеметрических систем для получения куба сейсмических данных позволяют рекомендовать этот вид сейсмических работ в скважинах или применение его в процессе разбуривания для изучения сложнопостроенных нефтеперспективных объектов. Для внедрения технологии глубинного сейсмического торпедирования, которая предполагает широкое комбинирование систем наблюдений ГСТ и ВСП, развитие межскважинных сейсмических наблюдений, необходимо дальнейшее совершенствование программного обеспечения (ПО) для обработки скважинных сейсмических материалов. Обработка должна быть интерпретационной с возможностью проведения интерактивного моделирования для решения прямой задачи и корректировки представлений о геологической модели, на которую ориентированы цифровые преобразования.

В последние годы перед скважинной сейсморазведкой ставятся все более сложные задачи, связанные с оперативным уточнением структурных планов и контуров месторождений, детальным изучением строения толщ, вмещающих продуктивные пласты для корректировки освоения и разработки месторождений. Для этого применяется способ непродольного вертикального сейсмического профилирования (НВСП). Полевые работы проводит двухотрядная сейсмокаротажная партия. Число

выносных пунктов возбуждения обычно составляет 4-5, удаления варьируют от 1 до 2.5 км. В качестве источников возбуждения применяются взрывы в скважинах и вибраторы СВ 10-180М. Упругие колебания регистрируются 6-ти канальным зондом с прижимным устройством и сейсмостанцией «Прогресс-L». Обработка сейсмических данных проводится в основном по комплексу «UNIVERSE»(ЦГЭ, А.А.Табаков) с привлечением данных АК, ГИС. Дополнительно используются наиболее эффективные программы комплексов Geovecteur Plus, Integral Plus, InterWell. Результаты выдаются Заказчику оперативно (через 20-30 дней) в виде структурных карт масштаба 1:10 000 и глубинных разрезов.

В 2000 г. скважинные исследования проведены в 81 скважине, в том числе работы способом НВСП в 18. В докладе приводятся примеры геологической эффективности работ НВСП для: выявления тектонических нарушений и горстообразных зон; трассирования бортов турнейских рифов; прослеживания и прогнозирования разреза увеличенных толщин пласта-коллектора точках заложения скважин на месторождении нефти.

Несмотря на некоторые достижения, полученные при применении способа НВСП для решения нефтепоисковых задач, требуется увеличение достоверности геологических результатов, которая во многом зависит от:

- повышения качества полевых данных за счет применения более совершенной аппаратуры, внедрения полевой предобработки и мониторинга получаемых материалов;
- использования дополнительно поперечных и обменных отраженных волн;
- включения широкополосного акустического и плотностного каротажей в стандартный комплекс при работах НВСП для параметрического обеспечения интерпретации;
- разработки программного проектирования систем многократного прослеживания горизонтов (НВСП-ОГТ) и внедрения их в производство;
- совершенствования программного обеспечения для

ПМ ВСП, ОПЫТ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ (суша, море)

Ю. Д Мирзоян.

(ООО «Ингеосейс», г Краснодар)

Поляризационный метод является дальнейшим развитием сейсмической разведки в направлении наиболее полного использования параметров волнового поля для его анализа и получения наиболее полных сведений о среде.

Эффективность поляризационного метода определяется совместным применением селекции волн в точке по поляризации колебаний и селекции волн в объеме по направлению распространения. Это позволяет выделять и прослеживать все основные типы сейсмических волн, распространяющихся в пространстве с разной поляризацией и в различных направлениях. В настоящее время развиваются две основные модификации ПМ - скважинные (ПМ ВСП) и наземные (ПМ ОГТ) наблюдения. В докладе рассматриваются исследования ПМ ВСП.

Основные особенности ПМ ВСП, отличающие ее от традиционного подхода заключаются в том, что осуществляется векторная регистрация волнового поля. Для анализа волнового поля применяются все его параметры - скорость, частота и поляризация, одновременно изучаются все типы сейсмических волн, приходящих к точке приема (продольные, обменные и др.), а для их выделения используется оптимальная (следающая) составляющая, для которой соотношение $A_{\text{сигнал}}/A_{\text{помеха}}$ - максимально. С этой целью в поляризационной (векторной) сейморазведке развиты способы регулируемого направленного приема первого рода (РНП-1), полярной корреляции (ПК) и поляризационно-позиционной корреляции (ППК), являющейся основным способом анализа волн в ПМ. Все эти способы достаточно полно рассмотрены в работе Е. И. Гальперина [1],

поэтому на них останавливаться не будем.

Для повышения отношения сигнал/помеха возможно применение, прежде всего, поляризационной фильтрации, что может обеспечить выделение полезных волн на фоне регулярных и нерегулярных помех.

При этом реализуются способы как с априорно заданными параметрами, так и с определяемыми непосредственно из наблюдаемого волнового поля.

Динамические оценки в ПМ ВСП носят более достоверный характер, так как выполняются не по одной (иногда случайной) составляющей, а по полному вектору. Это особенно важно при наблюдениях на непродольных профилях, а также в условиях наклонных и криволинейных границ.

В настоящее время исследования ПМ ВСП являются составной частью общего геологоразведочного процесса, выполняются в морских и сухопутных скважинах. Для реализации ПМ ВСП разработаны методика полевых наблюдений, скважинная цифровая аппаратура, способы обработки и интерпретации материалов, развиты приемы комплексного анализа данных ГИС, ВСП и МОВ ОГТ.

Применением поляризационного метода ВСП сравнительно быстро можно отработать различные системы полевых наблюдений и обеспечить высокую геолого-экономическую эффективность изучения околоскважинного пространства.

Основной круг задач, решающих ПМ ВСП:

1. Методические задачи:

- изучение скоростей V_p и V_s , $\gamma = V_s/V_p$, σ - коэффициент Пуассона и др.;
- изучение отражающих и поглощающих свойств разреза;
- детальная стратиграфическая привязка отражающих горизонтов;
- определение природы и типов волн, выявление основных краткообразующих границ;
- изучение влияния залежей углеводородов на волновое поле.

2. Структурные и литолого-стратиграфические задачи:

- изучение зон повышенной песчаности и трещиноватости;

- изучение изменений коллекторских свойств в околоскважинном пространстве;
- прогнозирование геологического разреза в околоскважинном пространстве и глубже забоя скважины;
- межскважинная корреляция горизонтов и физических свойств пород при кустовом бурении;
- определение контуров распространения залежей углеводородов.
- Технологические задачи бурения:
- определение координат забоя бурящейся скважины;
- выявление и прогнозирование АВПД ниже забоя скважины;
- прогнозирование прочности и буримости горных пород;

Выполнение вышеперечисленных задач обеспечивается наблюдениями ПМ на вертикальных и уровневых профилях в сочетании с позиционной сейсморазведкой (наземной, морской).

В качестве технических средств регистрации разработан цифровой комплекс «Вектор-1», для возбуждения упругих колебаний применяются взрывы в мелких скважинах, пневмоисточники, погружаемые под ЗМС, вибрационные источники (на суше), на море - пневмоизлучатели.

В последнее время разработана, изготовлена скважинная цифровая аппаратура нового поколения (24^x разрядное АЦП, многоуровневое кодирование, дельта - сигма преобразование сигналов) - «Вектор 2», которая проходит производственные испытания. Такая аппаратура по техническим и методическим возможностям не имеет равных в РФ, конкурентоспособна с лучшими аналогами Франции, США, Великобритании (Шлюмберже, СЖЖ, Вестерн Атлас и др.).

Основные ее параметры:

Наименование изделий	Основные параметры
Скважинная цифровая многоточечная аппаратура. (3-х –6-ти точечная, 12-24 канальная) для векторных наблюдений	Полный динамический диапазон, дБ 170 Частотный диапазон, Гц 5-250

	Давление, МПа	110
	Температура, °С	125°
	Диаметры скважин для исследований, мм	100-400
	Кабель, количество жил	3 - 7
	Диаметр снаряда, мм	60-73
	Длина снаряда, мм	1200-1250
Система сбора, регистрации и обработки данных Note booke (Pentium III-IV)	Количество каналов	32
	Шаг дискретизации, мс	1

Для обработки полевых наблюдений создана подсистема ПМ в рамках системы СЦС-5 на РС - Pentium.

Полевые экспериментальные работы ПМ ВСП проведены в различных условиях Краснодарского и Ставропольского краев, в Ростовской области, на о. Колгуев (Арктика) и о. Сахалин. Применительно к морю они развиты и выполнены в значительных объемах на Арктическом шельфе, на Северо-Западном шельфе Черного и Охотского морей.

Выполненными исследованиями изучены волновые поля, скоростные, поглощающие и отражающие свойства геологических разрезов, осуществлена стратиграфическая привязка волн, определены упруго-деформационные модули среды ($\gamma = V_s/V_p$, σ - коэффициент Пуассона и др.) и параметры поляризации, проведена надежная стратификация сейсмических горизонтов во многих районах. Результаты исследований иллюстрируются полученными материалами.

В настоящее время планируется дальнейшее внедрение ПМ ВСП в наиболее перспективных нефтегазоносных регионах страны (Западная, Восточная Сибирь, Арктика, о. Сахалин, шельф Дальневосточных морей и др.).

Список литературы:

1. Гальперин Е. И. «Поляризационный метод сейсмических

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВСП - НЕОБХОДИМЫЙ ЭТАП ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИИ В РЕГИОНАХ С КОНТРАСТНЫМ ПРОЯВЛЕНИЕМ СОЛЯНОЙ ТЕКТониКИ

А.М. Тюрин

(ООО "Волго-УралНИПИгаз", г. Оренбург)

Под достоверностью результатов ВСП мы понимаем их соответствие разрезу скважины.

Результаты ВСП характеризуют объем горных пород, залегающих в цилиндре радиусом в первые сотни метров. Для прямой падающей волны осью цилиндра является траектория сейсмического луча, идущего от пункта возбуждения к пункту приема упругих колебаний. Допускается, что при субгоризонтальном залегании пластов горных пород траектория луча падающей волны удовлетворительно совпадает с осью скважины. Это позволяет считать, что результаты ВСП характеризуют разрез скважины и проводить их взаимоувязку с результатами бурения (ГИС, петрофизика керна, шлам, опробование и др.) и сейсморазведки МОГТ на основе стандартных методик.

При негоризонтальном залегании акустически контрастных пластов пород траектория луча падающей волны существенно не совпадает с осью скважины и результаты ВСП не характеризуют ее разрез. Это заключение проиллюстрировано на примере скважины I Нагумановская.

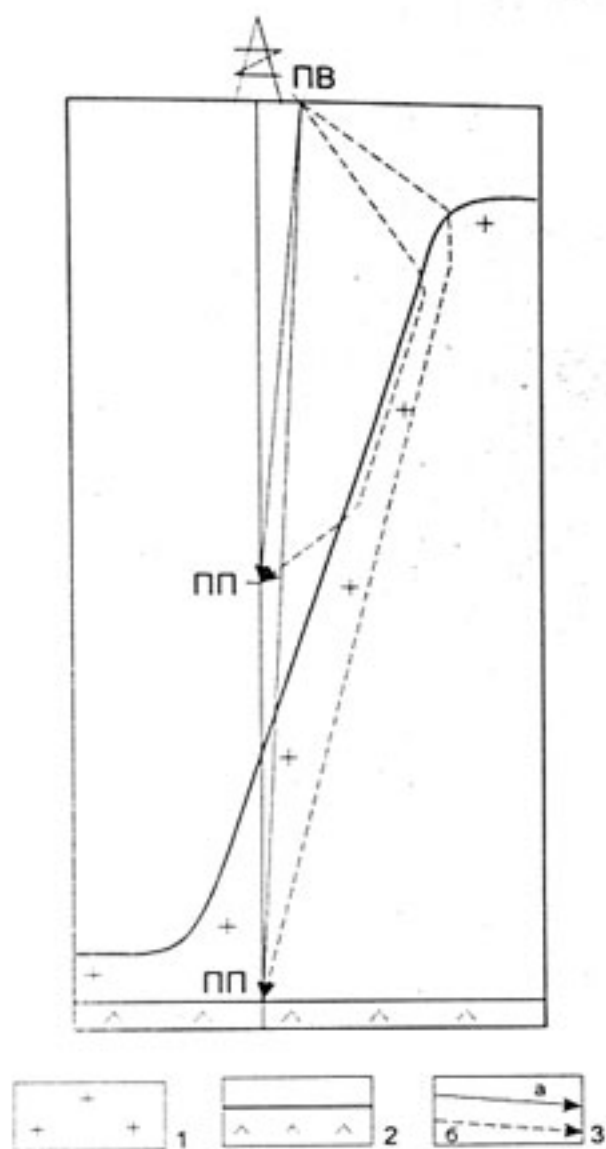
Скважина I Нагумановская расположена на крутом склоне соляного купола. В волновом поле ВСП выделены две падающие волны. Одна волна (в терминах ВСП – прямая волна) распространяется вдоль ствола скважины. Траектория другой волны (назовем ее условно боковой рефрагированной волной) частично проходит по отложениям соляного купола (рис.1). Т. к. интервальные скорости сейсмических волн в отложениях соляного купола существенно выше, чем скорости в залегающих

на этих же глубинах терригенных отложениях, боковая рефрагированная волна на глубине 2200 м обогнала прямую волну и вышла в первые вступления волнового поля ВСП (рис.2). Начиная с этой глубины, данные ВСП не характеризуют разрез скважины I Нагумановская, т. е. по ним нельзя оценить средние и интервальные скорости сейсмических волн в ее разрезе, а также выполнить взаимоувязку данных ВСП и ГИС.

Пример со скважиной I Нагумановская является уникальным только с точки зрения очевидности влияния негоризонтального залегания акустически контрастных пластов на достоверность результатов ВСП. Вообще же ситуация негоризонтального залегания надсолевых и соляных отложений является типичной для регионов с контрастным проявление соляной тектоники. Эти регионы следует рассматривать как крайне неблагоприятные для получения достоверных результатов ВСП. Отсюда следует вывод о том, что в регионах с контрастным проявлением соляной тектоники оценка достоверности результатов ВСП является необходимым этапом их интерпретации.

Оценка достоверности результатов ВСП может выполняться на основе моделирования волнового поля, контроля идентичности формы импульса прямой волны, сопоставления интервальных скоростей сейсмических волн, оцененных по ВСП и АК и др. Представляется, что обоснованная отбраковка недостоверных результатов ВСП в конечном счете повысит точность геологических прогнозов, выполняемых по данным сейсморазведки МОГТ.

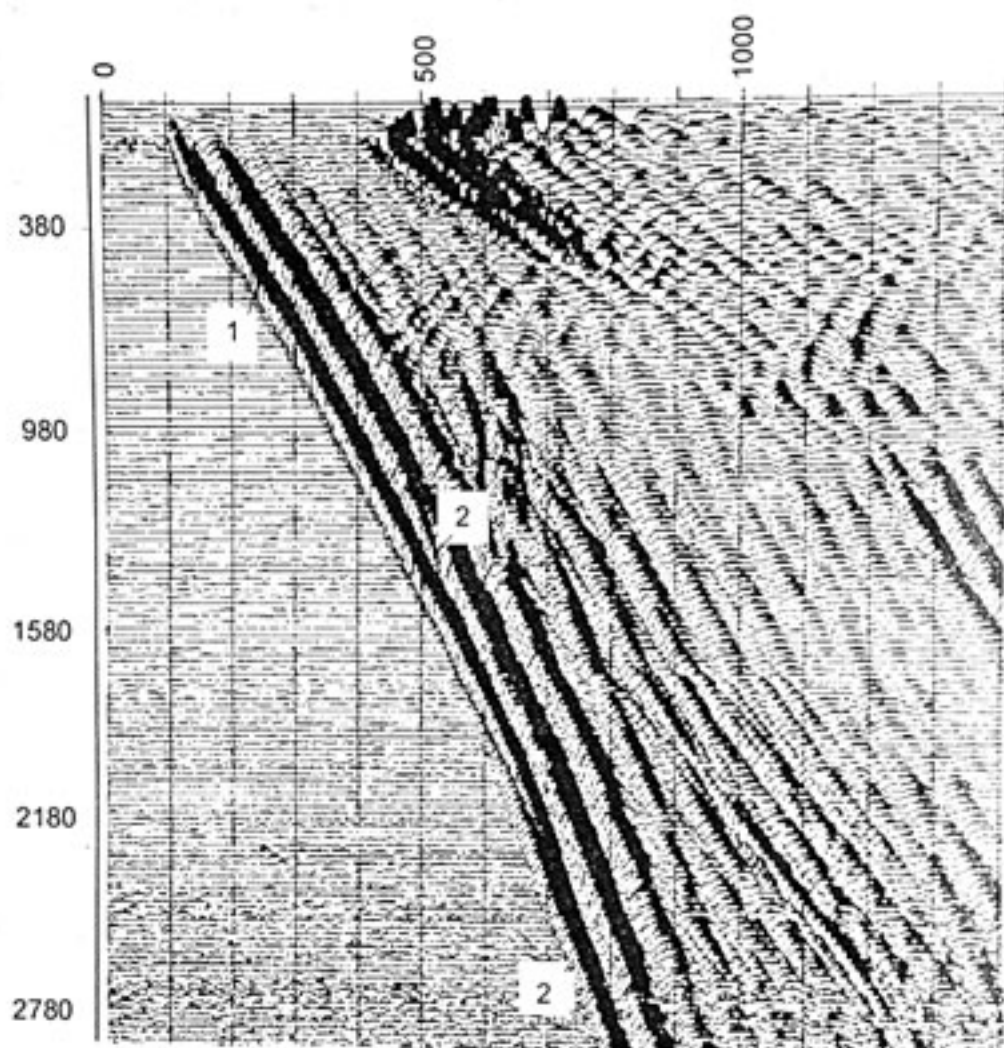
Траектория сейсмических лучей в зоне склона соляного купола при наблюдениях ВСП в скважине 1 Нагумановская



Пункты возбуждения (ПВ) и приема (ПП) сейсмических колебаний.
 1 - кровля соляного купола; 2 - кровля подсолевых отложений;
 3 - траектория сейсмических лучей прямой (а) и боковой рефрагированной (б) волн

Рис. 1

Скважина 1 Нагумановская. Фрагмент волнового поля ВСП (ПВ
1, L=150 м)



Первые вступления сейсмических волн прямой (1)
и боковой рефрагированной (2).

Рис. 2

ПРИМЕНЕНИЕ ВСП ПРИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОМ СОПРОВОЖДЕНИИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА НЕФТЬ И ГАЗ

В.Н. Бескопыльный, В.М. Громыко

(РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»,
г. Гомель)

Взаимодействие традиционных и компьютерных технологий, интегрированных в едином непрерывном научно-производственном процессе на базе современной вычислительной техники, анализировалось в процессе деятельности Управления геологоразведочных работ на нефть и газ РУП «ПО «Белоруснефть», которое представляет собой первое в мире предприятие с «конвейерной» системой геологоразведочных работ. Основой этой системы работ является впервые созданная и внедрённая в производство высокоэффективная интегрированная технология оценки перспектив нефтегазоносности локальных поисково-разведочных объектов [1, 2, 3]. Эта мегатехнология представляет собой комплекс традиционных и компьютерных технологий поисков и разведки залежей нефти и газа, и получила название «оперативное геолого-геофизическое сопровождение скважин» (ГСС).

Комплекс ГСС позволяет оперативно, в процессе бурения уточнять структурный план проектного горизонта и при необходимости изменять направление и глубину бурения скважины таким образом, чтобы она выполнила геологическую задачу. По существу, речь идет об оперативном прогнозировании строения осадочного разреза ниже забоя скважины по результатам бурения верхней части разреза. Эта технология обеспечивает повышение геологической эффективности и увеличение рентабельности буровых работ на нефть и газ.

Рассматриваемый комплекс создан на основе аппаратурно-программной системы GeoFrame 3.1-RM фирмы SchlumbergerGeoQuest, российских программных пакетов ИНГИС, «Гомель», некоторых сервисных программ и ряда традиционных методов ГРП. ГСС включает в себя

соответствующим образом организованную совокупность следующих модулей, технологий, методов: «База геолого-геофизических данных», «Геологическая служба на скважине», «Сейсмическая обработка», «Сейсмическая интерпретация», «Петрофизика», «Моделирование резервуара», «Традиционные технологии ГРП», «Вертикальное сейсмическое профилирование», использующих программное обеспечение Finder, GeoFrame, Focus-Disco, Charisma, RM, «Гомель», CPS, VSP_PC.

Технологии ГГСС предусматривают обширный перечень работ по сопровождению бурения скважины. Начинаются они составлением в GeoFrame-RM компьютерного проекта ГГСС для площади, где начато бурение. В процессе бурения систематически осуществляется ввод и обработка всей поступающей со скважины геолого-геофизической информации в технологических модулях «Петрофизика» и «Моделирование резервуара». Геологи, промысловые геофизики и геофизики-интерпретаторы сейсмических материалов оперативно уточняют структурный план перспективного горизонта и прогноз его нефтегазоносности. На основе новых данных они выдают рекомендации по изменению дальнейшего направления бурения скважины, проектного горизонта, глубины, конструкции и других условий строительства скважины.

В РУП «ПО «Белоруснефть» комплекс ГГСС внедрён в производство и опробован при бурении более 15 скважин в Припятском прогибе. Опыт применения этой технологии подтвердил возможность уточнения в процессе бурения скважины структурных планов проектных горизонтов и прогнозирования строения осадочного разреза ниже забоя скважины по результатам бурения верхней части разреза. В итоге, получаемая информация позволяет оперативно принимать управленческие решения об изменении направления и глубины бурения скважин. Например, при бурении скв. №16-Ветхинская были установлены расхождения в проектных и фактических глубинах вскрытия преломляющих горизонтов 3D и 2D. Оперативно была проведена переобработка временных разрезов, а миграционные преобразования выполнены с новой скоростной

моделью. Переинтерпретация полученных временных и глубинных разрезов с использованием программ технологического модуля Charizma позволила уточнить структурный план основного перспективного горизонта (ланские подсолевые терригенные отложения (сейсмический горизонт 1Dt)) и проектную точку вскрытия этих образований. В результате скважина открыла новое месторождение нефти – Некрасовское.

Важное место при реализации технологии ГГСС отводится скважинным сейсмическим исследованиям, особенно в тех случаях, когда в процессе бурения выявлены значительные отклонения от проектных глубин вскрытия основных сейсмогеологических границ. Впервые наблюдения ВСП в рамках данной технологии были выполнены в 1999 году на скв. №1-Сибережская [4]. Принимая во внимание опыт работ ВСП в восточной части Припятского прогиба, и уникальность данной скважины, которая имела проектную глубину свыше 5100 м, была предложена оригинальная методика наблюдений, включающая в себя три этапа. На первом и втором этапах исследования ВСП-ПГР проводились на промежуточных этапах бурения с целью определения ниже забоя скважины глубин залегания поверхности нижнесоленосных и подсолевых терригенных отложений. Основной целью работ третьего этапа являлось уточнение геологического строения околоскважинного пространства, в первую очередь, характера простираения подсолевой толщи, а также местоположения разрывных нарушений, ограничивающих подсолевой блок с юга и с севера. На всех этапах работ исследовалась скоростная характеристика разреза. Наблюдения проводились в не обсаженной части ствола скважины двухточечным однокомпонентным зондом (Z-составляющая) с неуправляемым прижимом рессорного типа.

Первые полевые наблюдения на скв. № 1-Сибережская были выполнены после вскрытия межсолевой толщи, а повторные - после вскрытия нижнесоленосных отложений. Было использовано три пункта возбуждения. Интервалы исследования ВСП-ПГР составили на первом этапе - 3765-2760м, на втором - 3550-4435м. Шаг наблюдения по стволу - 15 м. С целью

повышения достоверности прогноза разреза ниже забоя скважины на участке вертикального профиля 3765-3615 м из ближнего ПВ шаг по стволу составлял 5 м. После завершения бурения скважины на глубине 5155 м в подсолевых терригенных отложениях были выполнены исследования третьего этапа из 3-х пунктов возбуждения по всему стволу скважины.

Обработка материалов наблюдений ВСП проводилась в системе VSP_DOS. Она включала в себя стандартную обработку данных (подсистема ВСП-СТ), а также прогнозирование акустических параметров среды, не вскрытой бурением (подсистема DSL, пакет программ ВСП-ПГР).

По результатам работ ВСП-ПГР на первом и втором этапах были выделены акустически жесткие границы, приуроченные к основным сейсмогеологическим горизонтам, определены прогнозные глубины их залегания и даны рекомендации продолжить бурение скважины согласно проекта. Полученные впоследствии результаты бурения практически совпали с прогнозными оценками - так глубина вскрытия нижнесоленосных отложений составила по прогнозу 4410 м, фактически - 4407 м, для подсолевых терригенных отложений эти глубины составили соответственно 5010 м и 5032 м. На основе анализа и сопоставления волновых полей восходящих волн, полученных на третьем этапе, геометрии основных акустически жестких границ и лучевых диаграмм сделано заключение о том, что подсолевые отложения имеют север-северо-восточное падение, а к северо-востоку от забоя скважины выделяется промежуточный блок, который расположен на 100-120 м выше, чем блок, вскрытый скважиной.

О геологической эффективности скважинных сейсмических исследований, как важной составляющей технологии ГГСС, свидетельствуют результаты работ ВСП, полученные в скв. № 17-Ветхинская. Здесь при вскрытии скважиной галитовых и межсолевых отложений были выявлены расхождения с проектными отметками. В связи с этим было принято решение о проведении наблюдений ВСП из одного ПВ на промежуточном этапе бурения при глубине забоя 3250 м (верхняя часть межсолевой тощи) с целью уточнения глубины залегания и

местоположения подсолевых терригенных отложений. Интервал исследования по стволу скважины составил 1710 - 3225 м. Шаг наблюдения - 15 м, а в интервале 2890-3225 м - 5 м. На основе анализа волнового поля продольных восходящих волн было установлено, что на вертикальном профиле регистрируется отражающая площадка от сейсмического горизонта 1Dт протяженностью 100-150 м, которая не осложнена разрывными нарушениями. Она расположена к юго-западу от забоя скважины на удалении 100-125 м, а ее гипсометрия на 150-170 м выше, чем предусмотрено геолого-техническим нарядом. Опираясь на данные ВСП, была скорректирована программа дальнейшего бурения, результаты которого подтвердили прогнозные оценки. В скв. № 17-Ветхинская были получены притоки нефти из основных нефтеперспективных горизонтов.

Таким образом, разработанная в РУП ПО "Белоруснефть" мегатехнология оперативного геолого-геофизического сопровождения бурения скважин, в рамках которой важное место занимают скважинные сейсмические исследования (ВСП), обеспечивает своевременное уточнение структурного плана проектных горизонтов и прогнозирование строения осадочного чехла по результатам бурения верхней части разреза. Это позволяет при необходимости изменять направление и глубину бурения скважины так, чтобы она выполнила геологическую задачу (поиск, разведка залежи или вскрытие продуктивного горизонта в эксплуатационной скважине). ГТСС обеспечивает повышение геологической эффективности и рост рентабельности бурения на нефть и газ.

Список литературы:

1. Савченко А.Ф., Рынский М.А., Бескопыльный В.Н. О первоочередных задачах нефтяной геологии Белорусии // Геология Белоруссии. - Минск: ИГГиГ АН БССР, 1988. -С.133-140.
2. Бескопыльный В.Н., Рынский М.А., Зозуля П.М. Количественная оценка перспектив нефтегазоносности локальных структур Припятской впадины // Методы прогноза нефтеперспективности локальных объектов. - М.: ИГиРГИ,

1988. - С.121-126.

3. Бескопыльный В.Н. Комплексирование традиционных и компьютерных технологий при поисках и разведке залежей углеводородов // Стратегия развития нефтедобывающей промышленности Республики Беларусь на 2001-2015 годы: Материалы научно-практической конференции. - Гомель: ПО "Белоруснефть", 1999г. - С.303-320.

4. Громыко В.М. Основные результаты и перспективы развития скважинных сейсмических исследований (ВСП) на площадях северо-востока Припятской впадины // Стратегия развития нефтедобывающей промышленности Республики Беларусь на 2001-2015 годы: Материалы научно-практической конференции. - Гомель: ПО "Белоруснефть", 1999г. - С.164-173.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕПРОДОЛЬНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО СЕЙСМОПРОФИЛИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕВОНСКИХ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В ОКОЛОСКВАЖИННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Е.Р.Кириллов

(ТатНИПИнефть, г.Бугульма)

Как показали проведенные автором исследования, сейсморазведка имеет ограниченные возможности при подготовке локальных поднятий под поисково-разведочное бурение по девонскому терригенному комплексу (отражающий горизонт «Д»). На современном этапе геологоразведочных работ основными объектами исследований в Татарстане являются небольшие залежи нефти в двух нефтеносных комплексах – девонском терригенном и нижнекаменноугольном терригенно-карбонатном. В девонских терригенных отложениях залежи нефти контролируются в основном погребенными малоамплитудными (3-8 м) и малоразмерными формами. Их выявление сейсморазведкой в настоящее время практически невозможно. В этой связи в большинстве случаев девонские объекты опосредованно выявляются скважинами, которые были

запроектированы на поднятиях, и подготовлены по отражающему горизонту «У» (кровля терригенных отложений тульского горизонта). Успешность подобного опоскования девонской толщи характеризуется следующими цифрами. В течении 1976-1999гг. в пределах склонов Южно-Татарского свода и северо-восточного участка юго-восточного склона Северо-Татарского свода (Республика Татарстан) разбурено со вскрытием девонских терригенных отложений 149 структур, подготовленных по отражающим горизонтам «У» или «Д». Эффективность бурения этих объектов по девонскому терригенному комплексу составила 22%. Более низкие показатели получены на объектах, подготовленных только по отражающему горизонту «У» и опоскованных до девонских терригенных отложений. Здесь, из 84 сейсмоподнятий лишь в 12 случаях (14%) получены промышленные притоки нефти. Такой низкий коэффициент успешности напрямую связан с несовпадением контуров девонских и нижнекаменноугольных поднятий, а также низкой эффективностью подготовки девонских объектов сейсморазведкой. Анализ геолого-геофизических материалов по всему востоку Татарстана показал, что в 95% случаев свода девонских и нижнекаменноугольных залежей нефти имеют полное или частичное несоответствие.

Таким образом, не обнаружив первой поисковой скважиной залежи нефти, девонский объект, как правило, в дальнейшем больше не исследуется, хотя в подавляющем большинстве случаев поднятие имеет место как по нижнекаменноугольным, так и девонским отложениям.

На приведенной схеме (см.рис.) реального соотношения контуров девонских и нижнекаменноугольных поднятий отчетливо видно, почему поисковой скважиной, заложенной в своде нижнекаменноугольной структуры, очень часто девонский объект бывает пропущен.

По этой причине около 80% скважин, пробуренных по результатам сейсморазведочных исследований, оказались непродуктивными, т.е. большинство девонских объектов не было выявлено.

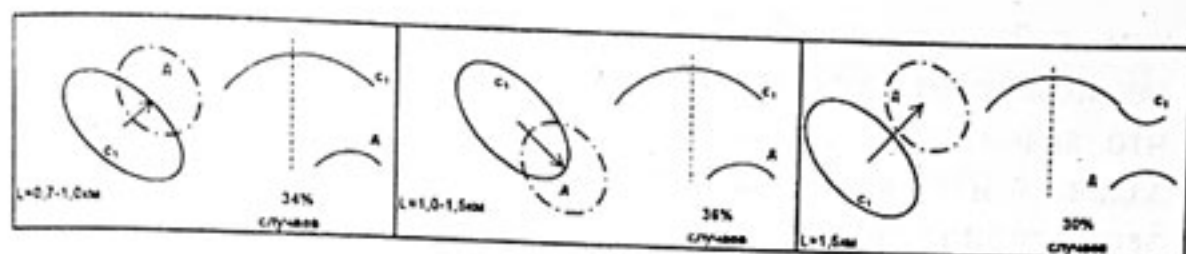
Одним из направлений по изучению девонского

структурного плана с целью поиска пропущенных объектов является увеличение геологической информативности каждой ранее пробуренной скважины путем детального изучения околоскважинного пространства. Необходимым компонентом для решения этой задачи является широкое применение сейсмических наблюдений в скважинах методом вертикального сейсмического профилирования (ВСП).

В настоящее время возможности ВСП для поиска пропущенных девонских залежей нефти используются не полностью из-за недостаточного знакомства геологов – нефтяников с поисково-разведочными возможностями метода. В последнее десятилетие разработаны различные модификации, позволяющие методику проведения работ сделать более целенаправленной и оптимальной.

В Татарстане, где широкое развитие получили визейские эрозионно-карстовые врезы и биогермные постройки верхнефранско-фаменского возраста, необходимо широко внедрять метод ВСП-ОГТ, основанный на многократном перекрытии отражающих границ. При ВСП-ОГТ вертикальный профиль вдоль всего ствола скважины отрабатывается из совокупности пунктов возбуждения, образующих горизонтальный профиль, пересекающий устье скважины.

Применив специальную методику, основанную на возбуждении упругих колебаний в восьми или шести основных направлениях (географических) от устья скважины, давшей отрицательный результат на нефть по девонским отложениям, можно с достаточной степенью уверенности изучать структурный план по отражающему горизонту «Д» в околоскважинном пространстве в радиусе, равном половине максимальных удалений пунктов возбуждения от устья скважины на каждом горизонтальном профиле. Таким образом, можно достоверно установить направление и величину смещения девонского поднятия относительно скважины, вскрывшей сводовую часть нижнекаменноугольной структуры.



*L – расстояние между сводами девонских и нижнекаменноугольных поднятий

Рис. Схема реального соотношения контуров девонских и нижнекаменноугольных поднятий

КОРРЕКТИРОВКА МЕСТА ЗАЛОЖЕНИЯ СКВАЖИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ МНОГОЛУЧЕВОГО ВСП, ГИС И СЕЙСМОРАЗВЕДКИ.

А.Н. Касимов, В.П. Стенин, З.И.Газарян
(СК «ПетроАльянс», г.Москва)

Сервисная Компания ПетроАльянс выполнила работы по методике многолучевого ВСП в целом ряде скважин в Западной Сибири, Тимано-Печоре, и Прикаспия. Основной задачей этих работ являлось изучение геологического строения околоскважинного пространства.

При проектировании этих работ особое внимание необходимо уделять корректности постановки геологической задачи. Евсей Иосифович Гальперин очень большое значение уделял этой проблеме. За частую ВСП приписывается магическая сила и метод применяется для решения не корректно поставленных геологических задач.

В работе приводятся примеры корректного применения метода ВСП при детальном изучении околоскважинного пространства и при комплексировании ВСП с сейсморазведкой и ГИС.

Когда нам не удастся выявить принципиальных геологических отличий в пространстве изучаемом ВСП лучше,

чем сейсморазведкой, ВСП является интегрирующим методом позволяющим объединить все геолого-геофизические данные, что значительно повышает точность решаемых геологических задач и как следствие коэффициент успешности эксплуатационного Бурения

В работе рассмотрены примеры решения задач, раскрывающие методические аспекты проблемы детального изучения околоскважинного пространства, которые можно отнести в зависимости от изучаемых параметров к классу кинематических, динамических и динамико- кинематических.

Кинематическая задача, а к таковым мы относим задачи по уточнению геометрического строения геологических границ, при больших удалениях ПВ по данным ВСП решается наиболее точно при применении метода последовательного уточнения скоростной модели среды и лучевой миграции на базе уточненной модели среды.

К классу динамических задач мы относим во первых - анализ динамических аномалий вызванных литолого-мощностными изменениями среды и, во вторых - поляризационных изменений динамических параметров, связанных с анизотропией свойств горных пород.

В работе приведены примеры решения данного класса задач, эффективность решения которых методом ВСП прямо пропорционально зависит от степени разрешенности сейсмической записи.

И, наконец, к третьему классу задач относятся задачи, где точная динамическая привязка сейсмических волновых полей и стратиграфическое отождествление отраженных волн определяет и степень точности геометрических построений по данным сейсморазведки. Эти результаты иллюстрированы данными комплексной интерпретации ГИС, ВСП и сейсморазведки при корреляции и структурных построений по пласту Ю1 в условиях «Сложного Бажена» в Западной Сибири.

В заключении рассмотрены перспективы развития направления скважинных сейсмических технологий в компании «ПетроАльянс».

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СКВАЖИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Р. Я. Адиев, Ю.Г. Антипин, В.П. Федорова, И.М. Кучумова
(ОАО «Башнефтегеофизика», г.Уфа)

Как известно, основными модификациями скважинной сейсморазведки являются вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) и непродольное ВСП (НВСП). В первой из них регистрация волнового поля производится из пункта возбуждения, максимально приближенного к устью скважины, во второй – из удаленного от устья пункта возбуждения.

По записи волнового поля ВСП получают сведения о скоростной характеристике разреза по стволу скважины и осуществляют литолого-стратиграфическую привязку отражений. Запись волнового поля при непродольном ВСП используется для изучения геологического строения разреза в околоскважинном пространстве.

Приведенные в качестве примера некоторые результаты решения этих задач по материалам одной из скважин Западной Сибири получены в вертикальной скважине аппаратурой АМЦ-ВСП-3-48 (ВНИИГИС). При наблюдениях ВСП пункт возбуждения располагался на расстоянии 330м от устья скважины, а при наблюдениях НВСП – на расстоянии 1700м. Исходное волновое поле ВСП, зарегистрированное вертикальным сейсмоприёмником, образовано интенсивной прямой продольной Р-волной и проходящими обменными PS-волнами, а также отраженными PP и PS-волнами. Из анализа волновой картины видно, что обменные волны образуются на многих границах разреза. Результатом обработки поля ВСП являются годографы продольной и поперечных волн и производные от них графики пластовых, средних и интервальных скоростей и коэффициентов отражения от основных литологических комплексов. Кроме этого осуществлена стратиграфическая привязка отражений. Подобные задачи уже стали традиционными для метода ВСП, и поэтому

более подробное описание их решения здесь не приводятся.

Другой важнейшей задачей, решаемой методами скважинной сейсморазведки и, в частности, НВСП, является задача построения детальной структурной модели геологического разреза и прослеживания коллекторских свойств объектов в околоскважинном пространстве. Волновое поле НВСП, как и поле ВСП, образовано волнами различных типов. Так без труда прослеживаются Р, РР, проходящие и отраженные PS-волны. Последние образуются почти на каждой границе. Эта волновая картина подвергалась предварительной обработке по пакету программ Геовектор плюс. Цель обработки состояла в выделении отраженных РР-волн и подавлении волн других типов. Подавление поля нисходящих Р и PS- волн-помех выполнялось с помощью скоростной фильтрация в области «частота – волновое число». В результате обработки нисходящие Р и PS-волны подавлены вполне удовлетворительно. Вместе с тем скоростные и частотные различия отраженных PS-волн, которые в данном случае рассматриваются как помехи, и полезных восходящих РР-волн не достаточно контрастны по этим признакам и подавление одного типа волн без существенного искажения волн другого типа практически невозможно.

Для сравнения эта задача решалась в двух вариантах: в одном использовалась компонента поля, зарегистрированная вертикальным сейсмоприемником НВСП, содержащая достаточно интенсивную PS-волну, в другом - волны PS подавлены. Для этого использовался пакет программ, предназначенный для совместной обработки трех компонент волнового поля на персональном компьютере. Цель обработки состояла в том, чтобы разделить полезные РР и отраженные PS-волны, используя их различие в направлениях подхода в точку регистрации. Для этого сделан пересчет записей волнового поля на различные направления вектора максимальной чувствительности сейсмоприёмника, как это рекомендуется в [1]. В результате анализа полученных записей волновых картин выбраны те, на которых наилучшим образом прослеживаются РР-волны, а PS- волны существенно подавлены.

Временные сейсмические разрезы, полученные из записей

не полностью очищенных от помех, содержат "следы" этих помех, что существенно затрудняет интерпретацию таких разрезов, особенно в сложных сейсмогеологических условиях. Чтобы скрыть эти "следы" можно выполнить дополнительно скоростную фильтрацию, но это приведет к излишней регуляризации записи и скроет эффекты, обусловленные реальным строением и свойствами геологического разреза. Вторым вариантом сейсмического временного разреза, рассчитанный по записи волнового поля, на которой подавлены PS-волны, имеет большую динамическую выразительность и прослеживаемость изучаемого объекта.

Возможность эффективного разделения полей PP и восходящих PS волн позволяет использовать последние в качестве полезных волн для построения временных сейсмических разрезов. Совместная интерпретация сейсмических разрезов, полученных по продольным и обменным волнам, несомненно повышает достоверность геологического результата.

Литература:

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

ИЗУЧЕНИЕ ДЕТАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ ВОСТОЧНО-ПРИБРЕЖНОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ НАЗЕМНО-АЗИМУТАЛЬНЫХ И СКВАЖИННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Д.П. Земцова, Н.П. Шкирман, А.Н. Долинин

(Краснодарская опытно-методическая экспедиция ГУП ПО "Союзморгео", г.Краснодар)

Повышение эффективности нефтегазопроисковых работ в Азово-Кубанском регионе тесным образом связано с расширением разведочных возможностей сейсмического метода с целью получения достоверной информации о модели месторождения.

Последняя является основой для подсчета запасов

углеводородов и проектирования рациональных схем разработки месторождения.

Совершенно очевидно, что адекватность модели зависит от объёма и вида используемой информации, связанной с различием физических полей наблюдаемых на поверхности и в скважине [1].

Комплексирование наземных и скважинных наблюдений МОВ-ОГТ углубляет возможности анализа волновых полей и позволяет осуществить переход от сейсмических к геологическим данным.

В период 1992-1999 г.г. в рамках совместных работ ЦГЭ, ВНИИГАЗа и КОМЭ ПО "Союзморгео" выполнены работы по теоретическому обоснованию параметров вертикальной косы, которые обеспечивают получение детальных и надежных данных о геометрии и динамических характеристиках волновых полей, регистрируемых в скважине [2].

Согласно полученным данным при наблюдениях в скважине целесообразно использовать многоканальное вертикальное приемное устройство при относительно больших базах, обеспечивающих получение информации о динамике волнового поля и связи её с емкостными характеристиками разреза.

Отсутствие специализированного приёмного устройства не позволяет в полной мере реализовать наземно-скважинную сейсморазведку.

Поэтому на практике используется совокупность технических средств, которая обеспечивает лишь частичное решение задач вещественной сейсморазведки.

При изучении детального строения Восточно-Прибрежного газоконденсатного месторождения использовался технико-методический комплекс, который включал:

- 3-х компонентное приемное устройство (скважинный зонд);
- многоканальную косу, обеспечивающую отработку МОВ-ОГТ по различным азимутам и реализацию пространственно-позиционной модификации 3Д;
- широкополосный источник возбуждения колебаний.

Следует отметить, что часть работы, включающая наземно-

скважинные наблюдения МОГТ, выполнена в небольшом объеме и носила опытный характер. Указанные работы лишь дополнили детализационные сейсмические исследования с применением пространственно-позиционной модификации ЗД.

Полученная совокупность сейсмической и скважинной информации использовалась для выполнения структурной и динамической интерпретации волновых полей.

Локализация ассоциаций целевых пачек чокрака по морфологическим признакам и детальные структурные построения позволили уточнить форму и размеры линзовидных тел в средне - нижнечокрацких образованиях.

Для изучения динамических характеристик сейсмических записей, зарегистрированных одновременно в скважине и по азимутальным направлениям на поверхности, и увязки их с данными ЗД был создан специализированный программно-алгоритмический комплекс.

Целевым назначением указанного комплекса являлось выявление сейсмического эффекта УВ-насыщения (СЭУ) и расчет различных атрибутов в виде параметрических разрезов, которые служили основой при динамической интерпретации волновых полей.

Параметризация волновых полей осуществлялась в послойном и погоризонтном вариантах. Она заключалась в получении совокупности карт параметров, выявлении возможных корреляционных связей между сейсмическими характеристиками и данными бурения и последующем прогнозе свойств пласта в межскважинном пространстве. Детальный прогноз коллекторов проводился в рамках динамической интерпретации волновых полей на основе анализа карт атрибутов сейсмической записи (включая карты параметра СЭУ и средних амплитуд) и геометрии целевых пачек чокрака.

В результате выполненных исследований локализованы зоны развития коллекторов на всей площади исследования. Материалы наземно-скважинных наблюдений показали, что на некоторых участках, в области развития продуктивных пачек, отмечается существенная зависимость амплитуды отраженного сигнала от расстояния "взрыв-прием" при одновременном приеме

колебаний в скважине и на поверхности.

Увеличение амплитуды с расстоянием, характерное для УВ-содержащих объектов, проявляется и в параметрических полях СЭУ, полученных по данным пространственно-позиционной модификации ЗД.

По параметрическим разрезам МОГТ, зафиксированным в различных азимутальных направлениях, с учетом данных бурения и наблюдений в скважине, определены области прослеживания линзовидных тел в отложениях среднечокракского комплекса. Нижнечокракские образования отличаются наличием относительно мощных коллекторов; причем залежи в них, по всей видимости, приурочены к наиболее приподнятым, характерным антиклинальным перегибам слоев.

В результате выполненных исследований сформирована геологическая модель Восточно-Прибрежного месторождения.

Указанное месторождение, в свете полученных данных, представляет собой многопластовую залежь в отложениях чокрака.

При этом, структурно-литологические ловушки среднечокракских образований являются линзовидными телами, содержащими газоконденсатные залежи различной мощности и протяженности. Залежь, вскрытая в породах нижнего чокрака, интерпретируется как пластово-сводовая.

Определено рациональное местоположение нескольких разведочных скважин на Восточно-Прибрежном месторождении.

Развитие линзовидных тел, подобных описанным, прогнозируется на большей части Приазовья.

Следует подчеркнуть необходимость комплексирования наземных и скважинных наблюдений МОГТ с целью последующего перехода от сейсмических к геологическим характеристикам разреза, обеспечивающим повышение достоверности геологической модели месторождения.

В связи с этим, целесообразно создание специализированных скважинных зондов с относительно большой базой приема, обеспечивающей регистрацию информации о перспективных объектах в широком диапазоне глубин.

Список литературы:

1. Авербух А.Г. Методика интерпретации данных сейсморазведки при интегрированном изучении нефтегазовых резервуаров. М., Изд. «ГЕРС», журнал «Геофизика», 1998 г., № 1, 13, 14.

2. A. Kashik, V. Kivelidi, D. Zemtsova, V. Milashin. Marine modifications in multidimensional seismic exploration. Russian geophysical seminar. Petronas Management Training Institute (PERMATA) Bangi, Selangor, Malaysia 2nd – 3rd, March 1992.

**СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КАРБОНАТНЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ ПО ДАННЫМ
ВСП и 2Д-МОГТ**

Д.М.Мурзагалиев, Д.Х.Хасанов,
(ОАО «Эмбаунайгеофизика», г.Атырау)

Сейсмоакустические параметры различных седиментационных и литологофациальных типов осадочных пород имеют существенно различные значения. Вещественный состав играет определяющую роль в формировании упругих свойств различного генетического типа осадков. Акустические параметры осадочных пород при прочих равных условиях определяют кинематические и динамические характеристики акустической волновой картины. Среди них основным кинематическим параметром является интервальная скорость распространения упругих колебаний, а динамическим параметром - коэффициент затухания сигнала в породе,

Наиболее информативными методами распознавания карбонатных отложений, основанными на сейсмоакустических моделях являются акустический каротаж (АК) и вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП). Высокая эффективность этих методов при прогнозировании карбонатных отложений доказана сейсмическими работами выполненными в ОАО «Эмбаунайгеофизика» наземными и скважинными сейсмическими исследованиями на юге Прикаспийской впадины. В докладе приводится сопоставление результатов обработки

материалов широкополосного акустического каротажа (АК) и сейсмического каротажа (СК), выполненных в одной из глубоких скважин района. В верхней части разреза скважина вскрыла терригенные, а в нижней части - карбонатные осадки.

Терригенные отложения представлены тонким чередованием песков, песчаников, глин и алевролитов. Песчано-глинистая толща пород слабо уплотнена, не дислоцирована и не осложнена тектоническими нарушениями. В акустическом волновом поле она характеризуется низкими значениями (2-2,5 км/с) пластовой скорости. Градиент изменения ее с глубиной весьма малый. Коэффициент поглощения упругих волн в породах, слагающих песчано-глинистую толщу, в 1,5-2,0 раза больше, чем в карбонатных отложениях.

Карбонатная толща сложена плотными известняками без следов динамометаморфизма. Граница перехода от терригенных к карбонатным отложениям выражена резким скачком пластовой скорости. Величина ее в карбонатной толще составляет 5-6 км/с. Наблюдается хорошая сходимости данных АК и СК. Максимальное отклонение точек годографов АК и СК не превышает 3%, что указывает на отсутствие градиента упругих свойств в горных породах этого типа в околоскважинном пространстве.

Анализ результатов большого числа исследований в разрезах подобного типа также свидетельствует о полной сходимости вертикальных годографов АК и СК. Расхождение скоростей по данным широкополосного АК и СК не превышает точности их измерения. Таким образом, одним из надежных и наиболее эффективных способов распознавания карбонатных отложений является измерение пластовой (интервальной) скорости методами акустического и сейсмического каротажа. При этом наиболее важный практический интерес с точки зрения методологии изучения разреза представляет прогноз литологического состава пород не только в интервале глубин, вскрытом скважиной, но и в интервалах, расположенных глубже забоя. В основе способа прогнозирования геологического разреза ниже забоя скважины лежит решение обратной динамической задачи сейсморазведки. В обобщенном виде геологический

разрез района можно аппроксимировать градиентно-дифференцированной по сейсмоакустическим свойствам толстослойной средой. При такой модели среды прогнозирование геологического разреза глубже забоя скважины вполне возможно по материалам ВСП. При этом запись из наблюдаемой глубины используется как эталонная при условии отсутствия волн-помех различного типа. В волновом поле ВСП интервал прогнозированных карбонатных отложений выражен интенсивными, устойчиво выдержанными многофазными восходящими (отраженными) волнами. В волновом поле наземной сейморазведки ОГТ-2Д в этом интервале зарегистрированы относительно высокочастотные отраженные волны хорошей прослеживаемости. Подошве и кровле соли соответствуют волны, хорошо коррелируемые к визуально опознаваемые по присущим кинематическим признакам. По характеру волнового поля ниже предполагаемого карбонатного разреза прогнозировалась залегающие терригенных отложений с пластовой скоростью 3,5 км/с.

Для повышения достоверности прогноза на практике часто используют сопоставление спрямленных восходящих (отраженных) волн, зарегистрированных при ВСП, и отраженных волн по МОГТ-2Д с элементами прогнозной кривой ниже забоя скважины. В дальнейшем скважина была углублена до глубины 5 км. В скважине выполнялись акустический и сейсмический каротажи. Интервал проходки (4-5 км) охарактеризован каменным (кери) материалом. На основе этих данных составлена реальная литологофизическая модель разреза скважины. Приводятся примеры сопоставления прогнозной и реальной сейсмогеологической модели по скважинам, углубленным в дальнейшем до вскрытия прогнозируемого интервала, которые показывают вполне хорошую сходимость их. Прогнозированные карбонатные отложения по кернам материалом литологически сложены органогенно-детритовыми известняками. Породы интенсивно перекристаллизованы в верхней части разреза, чем обусловлена высокая пластовая скорость (5,7 км/с). В основании разреза вскрыта толща терригенных отложений, в волновом поле она отражена слабоинтенсивными отражениями и

характеризуется низкими величинами пластовой скорости.

На основе достигнутых однозначно интерпретируемых результатов способ прогнозирования карбонатных отложений методами наземных и скважинных сейсмических наблюдений включен в общий комплекс геофизических методов исследования осадочных пород в условиях их естественного залегания.

ИЗУЧЕНИЕ ОКОЛОСКВАЖИННОГО ПРОСТРАНСТВА МЕТОДОМ ПМ ВСП НА ТЕРРИТОРИИ ДНЕПРОВСКО- ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ

А.Н.Мищенко, Н.В.Бублик

*(Восточно-Украинская геофизическая разведочная
экспедиция ГПП "Укргеофизика", г.Полтава)*

Сейсмокаротажные исследования на территории Днепроовско-Донецкой впадины проводятся около полувека. За это время накоплен значительный опыт работ с различными источниками возбуждения и модификациями ВСП.

Последние 10-15 лет широко применяется методика ПМ ВСП с использованием пневматического погруженного источника ППИ и трехблочного четырехкомпонентного зонда АПМ-4-3. В некоторых случаях используются группы невзрывных вибрационных источников.

Круг решаемых задач методикой ПМ ВСП достаточно широк: изучение скоростных и динамических параметров среды, глубинная привязка отражающих горизонтов, изучение в комплексе с ГИС и ОГТ литологических и тектонических особенностей околоскважинного пространства, прогнозирование флюидонасыщения в околоскважинном пространстве и др.

Особое место занимает изучение с помощью методики ПМ ВСП приштоковых зон, сложное геологическое строение которых в значительной мере снижает эффективность поиска ловушек углеводородов по данным сейсмических исследований. Применение метода ПМ ВСП здесь позволяет более полно изучить волновое поле и выделить волны, которые могут быть использованы при интерпретации (преломленные,

дифрагированные и др.). Так при проведении работ ПМ ВСП на Решетняковской площади в скв. № 101 по R-составляющей была выделена дифрагированная волна предположительно связанная с границей соль-терригены (рис.1). В результате выполненных способом полей-времен построений появилась возможность определить расстояние между скважиной и боковой поверхностью соляного тела.

Исследования ПМ ВСП в районе Вербовского соляного штока, позволили достаточно точно определить положение кровли и подошвы "kozyрька" соляного штока (рис.2).

Значительный объем скважинных сейсмических исследований был выполнен в пределах северного борта Днепровско-Донецкой впадины где в верхней части докембрийского фундамента были получены промысловые притоки нефти и газо-конденсатной смеси.

Еще в начале картирования фундамента сейсморазведкой наблюдалось наличие в его верхней части отражающих площадок, часто достаточно протяженных.

В результате выполненных исследований ВСП, МПГС, ПМ ВСП было подтверждено наличие отражающих горизонтов внутри фундамента, выполнена их точная привязка, изучены скорости распространения продольных и поперечных волн, определены анизотропные свойства околоскважинного пространства, что позволило прогнозировать зоны разуплотнения и трещиноватости внутри фундамента с которыми связаны перспективы нефтегазонасыщения.

Обработка материалов скважинных сейсмических исследований осуществляется в рамках программных пакетов VSP-PC и Rad Ex Pro, кроме того используются автономные программы УкрНИГРИ и собственной разработки. Моделирование волновых полей осуществляется программным продуктом TESSERAL.

ОПЫТ И РЕЗУЛЬТАТЫ СОВМЕСТНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ТРЕХМЕРНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И ВСП НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛТАВСКОЙ ОБЛАСТИ УКРАИНА

А.Ю. Щеголихин, В.В. Клочков.

(Полтавская газонефтяная компания, г. Полтава, Украина)

На этапе интерпретации данных трехмерной сейсморазведки, полученных на территории Полтавской области (Украина), была выполнена переобработка данных вертикального сейсмического профилирования, полученных в разные годы. Целью переобработки являлось выполнение совместной интерпретации материалов скважиной и наземной сейсморазведки.

Особенностью данных исследований являлся отказ от формальной обработки данных ВСП в пользу построения графа обработки таким образом, чтобы получаемые сейсмограммы по своим характеристикам (амплитудным спектрам, форме импульса и пр.) наилучшим образом подходили на соответствующие фрагменты данных трехмерной сейсморазведки. Соответственно вместо формального сопоставления волнового поля ВСП с полем трехмерной сейсморазведки по удвоенному вертикальному годографу была применена динамическая привязка полей.

Для обработки данных был применен программный комплекс RadExPro VSP, разработанный ЗАО «ГСД Продакшен». Пакет обладает достаточным набором процедур для обработки данных ПМ ВСП, позволяет интерактивно строить потоки обработки, проводить комплексную интерпретацию данных ВСП и ГИС. Пакет работает на ПК с ОС Windows NT/9x/2000/Me.

Проведение переобработки и интерпретации данных ВСП на этапе интерпретации данных трехмерной сейсморазведки позволило:

- повысить эффективность интерпретации данных трехмерной сейсморазведки;
- использовать критерии сходства волновых картин, а не формального сопоставления удвоенных времен пробега, т.к. первый подход гораздо устойчивее к неопределенностям во

введении статических поправок, выборе уровней приведения и пр.;

- повысить надежность привязки отражающих горизонтов к скважинам и уточнить геологическое строение месторождения;
- использовать данные ВСП в качестве контрольных точек при интерпретации данных трехмерной сейсморазведки;
- изучить отражающие свойства разреза и, как следствие, установить опорные отражающие границы, которые использовались как репера при интерпретации данных трехмерной сейсморазведки;
- показать высокую эффективность переобработки архивных данных на этапе интерпретации данных сейсморазведки 3D;
- установить, что применение ВСП для стратиграфической привязки наземных сейсмических данных в сильно наклонных скважинах в случае сильной латеральной изменчивости скоростных свойств на существующем этапе развития технологии несколько затруднено.

При выполнении интерпретации трехмерных сейсмических исследований необходимым условием является использование данных ВСП, полученных на территории исследований от этого в большой степени зависит успех всего проекта по проведению трехмерных сейсмических исследований в целом.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВСП-НВП В САРАТОВСКОМ РЕГИОНЕ.

А.В. Феоктистов*, В.А. Феоктистов**.

(*ЗАО "Геофизсервис", г. Саратов, **СНТЦ «Сиданко»,
г. Саратов)

ЗАО "Геофизсервис" учреждено ОАО "Саратовнефтегаз" с целью геофизического исследования скважин и организации проведения геолого-разведочных работ по поиску и оценке месторождений нефти и газа. Нефтегазодобывающее предприятие "Саратовнефтегаз" входит в структуру НК

“СИДАНКО” и является бесспорным лидером в Саратовском регионе. Достаточно сказать, что за 60-летний период работы в Саратовской области открыто более семидесяти месторождений УВ. Ещё с середины 80-х годов в сотрудничестве со специалистами “Саратовнефтегеофизики”, ВНИИГИС, ВНИГНИ и ЦГЭ были проведены работы по производственному внедрению ВСП-НВП, ВСП-ОГТ, ВСП ПМ, ВСП-ПГР, МПГС в комплексе с наземной сейсморазведкой МОГТ 2Д/3Д на Западно-Степном, Тёпловском, Разумовском, Белокаменном, Михалковском месторождениях УВ и Южно-Белогорской рифогенной постройке. В методическом плане были решены вопросы технологии полевых работ, обработки и интерпретации полученных данных для ЭВМ типа ЕС. В геологическом плане за счёт резкого увеличения объёмов ВСП удалось существенно уточнить скоростную характеристику среды для локальных объектов, установить её изменчивость на коротких расстояниях и, соответственно, повысить точность структурных построений по данным наземной сейсморазведки, в том числе для сложнопостроенных объектов в условиях соляной тектоники (месторождение Тенгиз /1/). Получены положительные результаты прогноза ниже забоя по данным ВСП-ПГР /2/. Однако ряд вопросов по изучению околоскважинного пространства для сложнопостроенных объектов (картирование малоамплитудных нарушений, малоразмерных структур, прогноз нефтегазо-насыщения) остался нерешённым в связи с недоработанностью обрабатывающих и, особенно, интерпретационных пакетов, не учитывающих возможность резкого изменения физических параметров среды по латерали.

С переходом на рыночные отношения ОАО “Саратовнефтегаз” через ЗАО “Геофизсервис” проводит поисково-разведочные работы на нефть и газ силами подрядчиков, выбираемых на конкурсной основе. Кроме саратовских организаций: ОАО “Саратовнефтегеофизики”, НИИГеологии СГУ, НВНИИГТ и Саратовской геофизической экспедиции, в проведении ГРР уже участвовали: ЗАО НПЦ “Теонефтегаз”, “АНЧАР”, ОАО “ЦГЭ”, ООО “Северо-Запад”, АОТ “Волгограднефтегеофизика”, ЗАО НП “Запприкаспий-

геофизика”, ОАО “Костромагеофизика”, ГНПП “Севморгео” и “Парадайм Геофизикал Сервисиз, Лимитед”. Решались задачи выявления и подготовки к бурению объектов, перспективных на нефть и газ с использованием разночастотных методик наземной и скважинной сейсморазведки в обычной и поляризованной модификации. Поисковые работы проводятся в различных поверхностных и глубинных условиях, в том числе и транзитной зоне акватории реки Волга. При выборе подрядчиков их предложения анализировались с экономических и технических позиций. К основным показателям оценки подрядчиков относятся параметры применяемой ими регистрирующей аппаратуры, оборудования, функциональные возможности обрабатывающих и интерпретационных пакетов, а также опыт работы по решению геологических задач для сложнопостроенных объектов и высокоскоростных сред.

Традиционный подрядчик - ОАО “Саратовнефтегеофизика” - утратил свои позиции в Саратовском регионе из-за устаревшей технологии, позволяющей решать лишь задачи определения скоростной характеристики для продольных волн и стратиграфической привязки опорных отражений. Для регистрации сигналов используется цифровая станция “Прогресс-3” с зондом АСПУ-3-48 (ВНИИГИС, г.Октябрьск) в одноточечном и однокомпонентном режиме, что резко снижает производительность работ, увеличивает время простоя скважины, снижает точность определения скоростной характеристики. Дополнительные ограничения на спектр решаемых задач накладывает обрабатывающий пакет VSP PC (ВНИГНИ). В скважине №1-Заветная опробована новая телеметрическая станция “ВСП-24” производства СКБ СП (г.Саратов) с видимым улучшением качества регистрируемой информации.

АООТ “Волгограднефтегеофизика” обеспечивает трёхкомпонентную регистрацию информации многомодульным зондом АМК (производство АОНПП “ВНИИГИС” г. Октябрьск), что позволяет дополнительно получать скоростную характеристику для поперечных волн, проводить изучение и параметризацию околоскважинного пространства по 2-4 азимутам НВП. При обработке и интерпретации используются пакеты ВСП-ДОС и

ИНПРЕС (ЦГЭ). При положительном решении структурных задач в условиях пологого залегания пластов (скважина №1-Заречная) и определении скоростных характеристик для продольных и поперечных волн на части скважин, имеются нерешённые геологические задачи для крутых падений пластов (скважина №9-Осиновская), резкие расхождения скоростных параметров, рассчитанных по ВСП и НВП. По сути отсутствует использование поляризационных характеристик для определения анизотропии, выявления трещиноватости и прогноза нефтегазоносности.

В методическом плане для решения всего спектра геологических задач комплексом наземной и скважинной сейсморазведки в Саратовском регионе необходимо расширение работ по параметризации разреза путём включения в обязательный комплекс ГИС широкополосной акустики на двух типах волн и плотностного каротажа /3, 4/.

Для повышения коэффициента успешности "прямого прогноза" разбуриваемых объектов требуется максимальное извлечение информации из трёхкомпонентных записей, что возможно при координации аппаратных разработок, опытно-методических работ и анализа эффективности обрабатывающих и интерпретационных пакетов в рамках постояннодействующего семинара "Гальперинские Чтения".

Литература:

1. Гальперин Е.И., Абулашвили В.У., Феоктистов А.В. «Повышение достоверности сейсморазведки при использовании данных вертикального сейсмического профилирования (на примере месторождения Тенгиз)», ЭИ ВНИИОЭНГ: отечеств. опыт, сер. «Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений», вып. 12, 1988, с. 9-13.

2. Табаков А.А., Ференци В.Н., Абулашвили В.У., Феоктистов А.В. «Прогнозирование геологического разреза по данным вертикального профилирования». НТИС «Научно-производственные достижения нефтяной промышленности в новых условиях хозяйствования», вып. 7, М., ВНИИОЭНГ, 1989, с. 11-14.

1. Феокистов А.В., Феокистов В.А. «Параметрическое обеспечение структурно-формационной интерпретации», «Геофизические технологии –99». тезисы докладов научно-практ. 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, с. 25.

2. Феокистов А.В., Феокистов В.А. «Разработка структурно-формационного обоснования природных моделей геологических объектов юго-востока Русской плиты», «Материалы Всероссийской научной конференции «Геология Русской плиты и сопредельных территорий на рубеже веков»», из-во Государственного учебно-научного центра «Колледж», Саратов, 2000, с.95-96.

ПРИМЕНЕНИЕ ВСП ПРИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

А.Г. Скворцов

(Институт криосферы Земли СО РАН, г.Москва)

В институте криосферы Земли СО РАН (ИКЗ СО РАН) разработана методика высокоразрешающей сейсморазведки на поперечных волнах (ВСПВ), которая наиболее эффективно работает в условиях инверсных скоростных разрезов. Методика обеспечивает надежное изучение особенностей строения верхней части сейсмогеологического разреза с помощью отраженных поперечных SH-волн. Она прошла широкое и успешное опробование в различных регионах страны при решении геокриологических, инженерно-геологических и гидрогеологических задач. Методикой предусматривается проведение как наземные, так и скважинные исследований.

Скважинные исследования выполняются по методике вертикального сейсмического профилирования (ВСП). Целью этих исследований является изучение особенностей структуры

волнового поля в вертикальной плоскости, определение природы присутствующих в его составе волн различных типов и классов и осуществление сейсмогеологической идентификации сейсмических волн зарегистрированных на дневной поверхности. Кроме того, данные ВСП позволяют получить достоверные данные о сейсмических свойствах пород для последующей оценке инженерно-геологических и геокриологических свойств.

Для проведения ВСП нами разработан специальный трехкомпонентный скважинный снаряд прижимного типа с ортогональным расположением сеймоприемников. Особенность скважинного снаряда состоит в том, что в рабочем диапазоне диаметров (50-150мм) усилие прижима остается практически неизменным. При выполнении исследований по методике ВСП нами используется ударный способ возбуждения. Энергия единичного воздействия составляет 50-100Дж. Используемая система возбуждения и приема обеспечивает возможность регистрации волн различной поляризации.

Наиболее представительные данные ВСП к настоящему времени получены в районах распространения многолетнемерзлых пород (Ямал, Западная Сибирь, Якутия). Максимальная глубина исследуемых скважин составляла 230м. Данные ВСП позволили сделать обоснованный вывод о том, что в условиях сейсмогеокриологического разреза максимальной информативность и достоверностью об особенностях строения верхней части геологической среды обладают поперечные волны и в первую очередь SH-волны. Накопленный опыт показывает, что разрешенные отраженные SH-волны при ВСП регистрируются не только от относительно глубоких сейсмогеологических границ, но даже и от границ, расположенных на глубине всего в несколько метров и эти волны могут быть зарегистрированы при наземных наблюдениях.

В последние годы исследования по ВСП в комплексе с наземными сейсмическим исследованиями проводятся нами на территории г.Москвы в процессе проведения изысканий различного назначения. В условиях сложного сейсмического поля, обусловленного наличием интенсивных промышленных помех, данные ВСП позволяют обеспечить уверенную

идентификацию зарегистрированных при наземных наблюдениях поперечных SH-волн и обеспечить их глубинную привязку.

Полученные данные показывают, что ВСП возможно и целесообразно использовать при инженерно-геологических, геокриологических и гидрогеологических исследованиях. Кроме того, полученные данные могут послужить в качестве модельных при анализе общей структуры волнового поля при исследованиях больших глубин.

Раздел 3. Аппаратура для скважинных сейсмических исследований

АППАРАТУРА АМЦ-ВСП-3-48, ЕЕ ОСОБЕННОСТИ, ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Т.С. Мамлеев*, В.Н. Даниленко*, В.В. Дмитриев*,
Г.Г. Сафиуллин**, В.П. Бандов***, Н.М. Ахметшин***.
(* ЗАО НПФ "ГИТАС", ** ОАО НПП "ВНИИГИС",
*** ЗАО НПФ "СейсмоСетСервис", г.Октябрьский,
Башкортостан)

Модульная цифровая аппаратура АМЦ-ВСП-3-48 (разработчики: ОАО НПП ВНИИГИС, ЗАО НПФ "ГИТАС", ЗАО НПФ "СейсмоСетСервис"), являясь представителем нового поколения программно-управляемой геофизической аппаратуры, предназначена для высокочувствительной трехкомпонентной скважинной сейсморазведки в обсаженных и необсаженных скважинах диаметром от 76 до 340 мм, с температурой до 120°C и давлением до 80 МПа.

Скважинная часть аппаратуры АМЦ-ВСП включает в себя набор цифровых трехкомпонентных приемных модулей, соединенных друг с другом кабельными перемычками, а также модуль ретранслятора. Принципиальным отличием данной аппаратуры от других цифровых сейсмических скважинных приборов является использование децентрализованной

мультиплексно-модульной схемы построения скважинного зонда с разделением времени измерения и времени передачи данных к наземному регистратору. Буферизация данных перед их передачей происходит внутри каждого приемного модуля. Информационный обмен между наземным оборудованием и скважинными модулями происходит в режиме "Запрос - Ответ" с использованием групповой и индивидуальной адресации.

Такая идеология построения аппаратуры позволила добиться следующих основных преимуществ:

1. Снято принципиальное ограничение с количества измерительных каналов и приемных модулей в скважинном зонде, ранее лимитировавшееся ограниченной пропускной способностью телеметрической системы, зависящей от электрических свойств каротажного кабеля.

2. Значительно снижены инструментальные шумы аппаратуры, так как в период непосредственного измерения отсутствует передача данных по телеметрической системе, являющейся источником сильных шумов из-за необходимости выработки мощных электрических импульсов для перезаряда емкости каротажного кабеля. Кроме того, оцифровка сигналов в каждом приемном модуле сокращает путь прохождения аналоговых сигналов, также улучшая соотношение сигнал/шум.

3. Отсутствует необходимость повторных измерений в случае сбоя при передаче измеренных данных. В этом случае достаточно перезапросить данные из буферной памяти скважинного приемного модуля.

4. При мультиплексно-модульной схеме построения система приобретает гибкую архитектуру: скважинный зонд можно собирать из произвольного количества приемных модулей в зависимости от задач и технологии проведения работ. Длина кабельных перемычек между приемными модулями может быть также произвольной.

5. Каждый скважинный модуль, становясь функционально законченным независимым устройством, программно управляется с наземного компьютера, что позволяет расширить функциональные и метрологические возможности приемных

модулей за счет введения дополнительных рабочих и тестовых режимов.

6. Открытость мультиплексно-модульной схемы, использующей протокол обмена "Запрос - Ответ", позволяет при необходимости наращивать комплекс дополнительными геофизическими и технологическими модулями, например модулем гамма-каротажа, модулем пространственной привязки и др.

Каждый приемный модуль содержит встроенный программно-управляемый калибратор, позволяющий в реальных скважинных условиях контролировать метрологические (амплитудные, динамические и шумовые) характеристики и идентичность всех электронных измерительных каналов и сейсмоприемников, что особенно важно для трехкомпонентных наблюдений.

Приемные модули снабжены механическими прижимными устройствами рычажного типа с приводом от электромотора, которые программно управляются с поверхности. Механическая часть приемных модулей выполнена на основе конструкции аналогового прибора АСПУ-3-48. Эту конструкцию отличают малый вес и большое усилие, развиваемое прижимным устройством, которые обеспечивают достаточно надежный контакт прибора со стенкой скважины и минимальное влияние механических резонансов и волн-помех на регистрируемые сейсмические колебания. Прижим модулей ведется под контролем компьютера, что обеспечивает идентичность и качество прижима всех модулей к стенке скважины.

Ниже приведены основные технические характеристики скважинных приемных модулей аппаратуры АМЦ-ВСП-3-48:

Габаритные размеры приемного модуля	1460 мм, Ø48 мм
Вес приемного модуля	11 кг
Усилие на конце рычага прижимного устройства модуля	85 - 100 кг
Конструкция узла сейсмоприемников	трехкомпонентная ортогональная
Шаг дискретизации сигналов	0.5, 1.0, 2.0, 4.0 мсек
Длина регистрируемой сейсмотрассы	2 - 43 сек
Динамический диапазон преобразования	150 дБ
Мгновенный динамический диапазон	90 дБ
Собственный инструментальный шум	0.05 - 0.1 мкВ

Скорость передачи данных программно управляется от 1/24 до 1/3 Мбит/сек., оптимизируясь к характеристикам конкретного используемого кабеля.

Модуль ретранслятора является самым верхним в скважинном зонде. Он служит для сопряжения многомодульного зонда с основным каротажным кабелем, который может быть любого типа, включая одножильный кабель. Кроме того, модуль ретранслятора является механическим демпфером для паразитной кабельной волны.

Наземная часть аппаратуры содержит малогабаритные, легко перевозимые блоки, включающие в себя программно-управляемый блок питания скважинного прибора, портативный компьютер и интерфейсный блок, содержащий узлы скважинной телеметрии и узлы сопряжения со стандартным внешним оборудованием: системой синхронизации сейсмических возбуждений, наземными контрольными сейсмоприемниками и каротажным подъемником с геофизическим кабелем. При

необходимости может быть подключен принтер и внешний носитель данных.

Технологическое программное обеспечение аппаратуры АМЦ-ВСП предоставляет оператору возможность проводить следующие основные операции:

- установка и просмотр исходных технологических параметров комплекса;
- корректировка технологических параметров комплекса в процессе работы;
- управление электропитанием скважинных модулей;
- тестирование и контроль функционирования скважинных модулей (на стенде, на скважине перед спуском, в процессе спуска, перед регистрацией);
- мониторинг движения нижнего модуля при спуске зонда в скважину;
- управление механическими прижимными устройствами скважинных модулей;
- взаимодействие с сейсмическими источниками, инициализация регистрации, прием данных регистрации, визуальный контроль данных и их запись на жесткий магнитный диск компьютера вместе с технологическими параметрами регистрации;
- переформатирование исходных данных в формат СЦС-3 или SEG-Y;
- автоматическое ведение и документирование рапорта оператора;
- препроцессинг, вывод результатов препроцессинга, и сейсмических профилей на дисплей и принтер.

Препроцессинг, предоставляемый оператору на скважине для оценки качества получаемых данных, включает в себя следующие процедуры:

- спектральный анализ;
- полосовая фильтрация;
- разделение волн по кинематическим признакам;
- деконволюция (кросс-корреляция) при работе с виброисточниками.

Технологическое программное обеспечение позволяет проводить работы в режимах ВСП, многолучевого ВСП (в том числе и в мульти-пикетном режиме), а также в режиме с перемещающимся источником (МОГ, WALKAWAY) как в сухопутных, так и в морских скважинах.

С 1993 года накоплен большой опыт производственного использования аппаратуры АМЦ-ВСП для отечественных и зарубежных заказчиков, как на территории России, так и за рубежом. Первым заказчиком аппаратуры АМЦ-ВСП была российско-американская фирма MDSEIS, ныне – ПЕТРОАЛЬЯНС, в эксплуатации которой аппаратура находится уже 8 лет. Два восьмимодульных комплекта аппаратуры (под английской аббревиатурой MSAT) закуплены и эксплуатируются фирмой SCHLUMBERGER. Двадцать два комплекта аппаратуры в настоящее время работают в российских геофизических организациях в различных регионах страны.

Имеется совместный с ВНИИГЕОФИЗИКА опыт применения аппаратуры АМЦ-ВСП для перспективной методики МВПС (многоволновая поляризационная сейсморазведка), являющийся одним из примеров наиболее полного использования возможностей аппаратуры с высокоразрешенной, метрологически контролируемой трехкомпонентной регистрацией и обработкой данных.

Одной из перспектив является также использование аппаратуры АМЦ-ВСП для мониторинга месторождений с применением различных специальных технологий.

АППАРАТУРНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РЕГИСТРАЦИИ И ЭКСПРЕСС-ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СКВАЖИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Ш.Г. Гарайшин, Р.Я. Адиев, В.А. Глушков, С.М. Васильев,
В.В. Лесников

(ОАО «Башнефтегеофизика», г. Уфа)

Комплекс был разработан и прошел производственную

апробацию в ОАО «Башнефтегеофизика» в районах Башкирии и Западной Сибири.

Стимулом к разработке и изготовлению данной аппаратуры послужили высокая стоимость и несоответствие производственным требованиям предлагаемых известными изготовителями аналогичных систем. Благодаря использованию доступной сегодня современной элементной базы за короткий период были разработаны компактные и надежные схемы с необходимым набором функций. В частности был разработан блок геофизический со встроенным блоком питания и модуль скважинной аппаратуры. За счет использования в модуле скважинной аппаратуры однокристалльного микроконтроллера появилась возможность реализовать программную автоматическую регулировку усиления и цифровое сжатие информации. Другой отличительной особенностью скважинной аппаратуры является передача данных в реальном времени, что снимает ограничение на длину записи.

Скважинная аппаратура имеет две модификации – с автоматической регулировкой усиления и с регулировкой усиления оператором через компьютер. В первом случае скважинная аппаратура сама автоматически отслеживает изменение динамического диапазона сигнала, это особенно актуально при взрывных источниках возбуждения, когда динамический диапазон сигнала очень широк.

В отличие от многих аналогичных систем блок геофизический построен на основе однокристалльных микроконтроллеров. В результате наземная часть аппаратуры имеет очень простую реализацию, высокую надежность, полную ремонтпригодность и низкую стоимость. В блоке геофизическом с размерами 210X325X85 мм уместился и блок питания и все схемы управления, а необходимые элементы оперативной настройки расположены на лицевой панели корпуса. Аппаратура допускает подключение к геофизическому блоку широкий спектр зондов – не только ВСП но и ГИС-аппаратуры с самыми разными телеметрическими методами – ВИМ, ШИМ, Манчестер-2 и т.д. Блок геофизический через СОМ-порт подключается к компьютеру. Использование компьютера

Манчестер-2 и т.д. Блок геофизический через COM-порт подключается к компьютеру. Использование компьютера позволило значительно упростить все остальные составляющие комплекса а также объединить процессы регистрации, визуализации и препроцессинга, повысить оперативность и достоверность контроля качества геофизического материала.

Ниже приводятся возможности и основные характеристики комплекса.

Назначение

Аппаратура предназначена для скважинных сейсмических исследований (ВСП, НВСП): приема сейсмических колебаний, преобразования их в электрический цифровой сигнал и передачи в компьютер.

Область применения

Разведочные (обсаженные и необсаженные) скважины с диаметрами от 65 до 320 мм, с наибольшей рабочей температурой в зоне исследований 100 °С, с максимальным рабочим давлением 60 МПа, а также углами наклона, не превышающими 15 градусов (ограничивается выбранными геофонами GMT-12.5).

Используемое вспомогательное оборудование

- подъемник каротажный с семижильным бронированным каротажным кабелем длиной до 6000 м.
- генератор синхронизирующий ГС для управления источником сейсмических возбуждений, либо система синхронизации возбуждения «ССВ-2»
- IBM-PC совместимый компьютер с конфигурацией не хуже Pentium –166/16 Mb RAM и операционной системой Windows 9X/2000.

Функциональные возможности

а) скважинная аппаратура

- прием и выполнение команд наземной панели, самотестирование
- аналого-цифровое преобразование сигналов с сейсмоприемников 6-ти однокомпонентных точек

б) блок геофизический

- обеспечение питания зонда и управление работой зонда

- передача и согласование потоков информации
- в) *персональный компьютер и программное обеспечение*
- управление всем комплексом
- сбор, контроль, хранение, визуализация информации и экспресс-обработка

Основные технические данные

а) *Скважинная аппаратура.*

- Число разрядов АЦП 16 (цена одного разряда 153 мкВ), динамический диапазон преобразования - 90 дБ, полный динамический диапазон с учетом перестройки АРУ – 126 дБ.
- Интегральная нелинейность АЦП не более 2 LSB.
- Дифференциальная нелинейность АЦП не более 1 LSB.
- Фазовый сдвиг между выборками сигналов каналов 2 и 3 относительно канала 1 80 ± 2 и 160 ± 2 мкс соответственно
- Шаг дискретизации - 2 мс.
- Количество ступеней программируемого регулятора усиления ПРУ - 4 (0, 12, 24, 36 дБ).
- Неравномерность частотной характеристики аналогового тракта в полосе пропускания не более 3 дБ.
- Уровень собственных шумов (на резисторе 600 Ом), приведенный ко входу не более 0,1 мкВ
- Взаимные влияния между каналами не более минус 70.
- Скорость передачи данных по кабелю снизу вверх 64 кБит/сек по отдельной жиле биполярным двухуровневым фазоманипулированным кодом (Манчестер-2).
- Формат передачи – 100 битные посылки (бит признака типа посылки, 6 информационных каналов по 16 бит, 2 бита код АРУ, бит четности) .
- Передача команд по кабелю вниз с использованием кодирования ШИМ.
- Максимальное отклонение прижимного рычага от центра скважинного прибора не менее 340 мм.
- Наружный диаметр скважинного прибора не более 48 мм.
- Масса скважинного прибора не более 10 кг.

- Электронные схемы зонда размещены в корпусе аппаратуры АСПУ-3-48 (ВНИИГИС). (не исключена возможность использования механической части зондов других разработок).
- б)Блок геофизический
- Связь с компьютером осуществляется по интерфейсу RS-232 на скорости 115200 бит/сек.
- Количество служебных каналов – 4,разрядность -10
- Масса блока не более 3,3 кг. Габаритные размеры блока по выступающим частям не более 210*325*85 мм.
- Питание аппаратуры от сети переменного тока 220В, 50 Гц при изменении напряжения от 185 до 245 В и изменении частоты от 48,5 до 51,1 Гц

Программное обеспечение комплекса позволяет выполнять сервисные и некоторые вычислительные процедуры:

- Контроль спуска прибора в скважину;
- Тестирование телеметрического канала;
- Контроль уровня шумов;
- Регистрацию данных и визуализацию их как в реальном времени, так и с задержкой;
- Автоматическое ведение рапорта оператора;
- Виброкорреляцию;
- Определение первых вступлений в диалоговом режиме и расчет скоростных характеристик.

Проведенные работы и полученные результаты стали основой для разработки нового комплекса аппаратуры, который будет иметь геофизический блок подключаемый к PC по скоростному интерфейсу USB (1,5 Мбит/сек) с программируемым источником питания. Это позволит реализовать трехкомпонентную оцифровку в 6-ти точках при увеличении разрядности до 24 бит.

ЦИФРОВАЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СКВАЖИННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

С.В.Полозов, Ю.И.Колесников

(Институт геофизики СО РАН, г. Новосибирск)

Развитие современных технологий сейсмических скважинных исследований и методов компьютерной обработки приводит к повсеместному внедрению цифровой регистрации экспериментальных данных. Как зарубежными, так и российскими производителями геофизической аппаратуры разрабатывается и выпускается достаточно широкий ассортимент цифровых скважинных приборов.

В таких приборах для цифровой регистрации сигналов используются, как правило, аналого-цифровые преобразователи (АЦП), разрядность которых не превышает 16, а для увеличения динамического диапазона в случае необходимости применяются масштабные усилители. В то же время при решении ряда задач, например, при проведении многоволновых сейсмических наблюдений, к скважинной аппаратуре могут предъявляться повышенные требования. Во многих случаях желательно иметь возможность одновременно регистрировать сигналы, отличающиеся по амплитуде на несколько порядков, что требует существенного увеличения разрядности АЦП.

В лаборатории инженерной сейсмологии Института геофизики СО РАН разработан электронный блок для скважинного прибора с динамическим диапазоном на уровне 120 дБ и периодом дискретизации 0,25 мс. Такие характеристики обеспечивает применение дельта-сигма АЦП. Применяемый в данном блоке АЦП фирмы Burr-Brown имеет следующие основные характеристики: цифровой отсчет 24 разряда, динамический диапазон 120 дБ при частоте дискретизации 1 кГц и 112,5 дБ при частоте дискретизации 4 кГц, интегральная нелинейность не выше 0,0015 %.

Структурная схема скважинного прибора с разработанным электронным блоком показана на рис.1, а общий вид электронного блока – на рис.2.

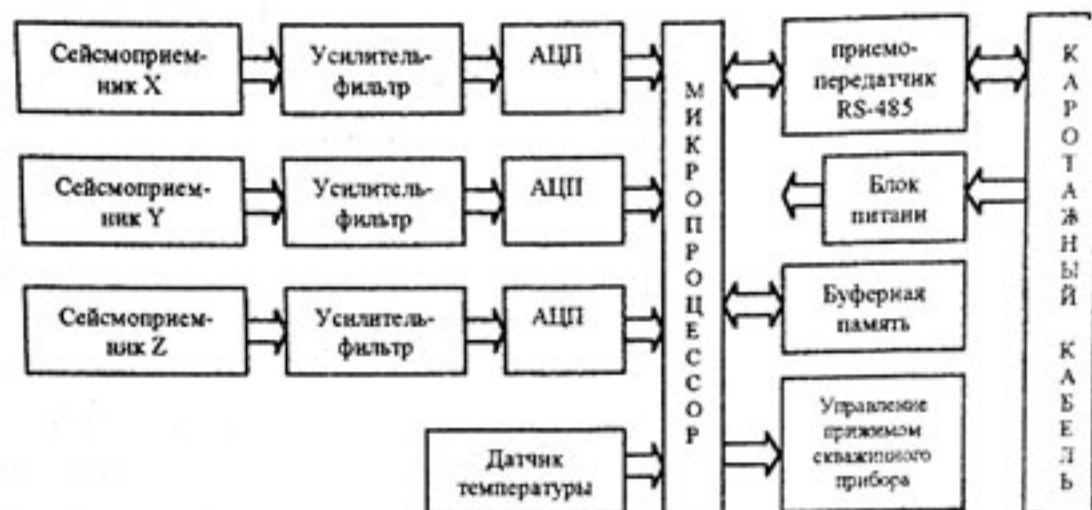


Рис. 1. Структурная схема скважинного прибора.

В каждом сейсмическом канале установлен свой АЦП, все три канала синхронизированы по времени получения цифрового отсчета и между ними отсутствует временной сдвиг, присущий системам с одним АЦП и многоканальным коммутатором.

Единственным недостатком известных нам дельта-сигма АЦП является ограниченный температурный диапазон – заявленные фирмой-изготовителем параметры обеспечиваются при температуре до 85°C , однако работоспособность сохраняется до температуры 105°C . Для контроля рабочей температуры в каждый прибор устанавливается цифровой датчик температуры.

Значительный объем информации, получаемой при одновременной работе с тремя-семью трехкомпонентными (x,y,z) скважинными приборами, и ограниченная скорость передачи по каротажному кабелю потребовали применения буферной памяти. Ее емкость рассчитана на запись длительностью до 5,46 с в каждом из каналов при частоте запуска АЦП 4 кГц (при уменьшении частоты запуска длительность записи увеличивается в соответствующее число раз). Если частотный диапазон регистрируемых сигналов позволяет снизить частоту дискретизации до 500 Гц, имеется возможность непрерывной передачи информации из скважинного прибора в наземную аппаратуру.

Обмен цифровой информацией между скважинными

приборами и наземной аппаратурой осуществляется в стандарте RS-485. Для этого используются две жилы кабеля, третья - общий провод системы. Скорость передачи выбрана из ряда, заложенного в асинхронный последовательный адаптер персонального компьютера (ПК), а именно 57,6 Кбит/с, что обеспечивает надежную связь даже без применения помехоустойчивого кодирования. Наличие буферной памяти позволяет в редких сбойных случаях повторить передачу.

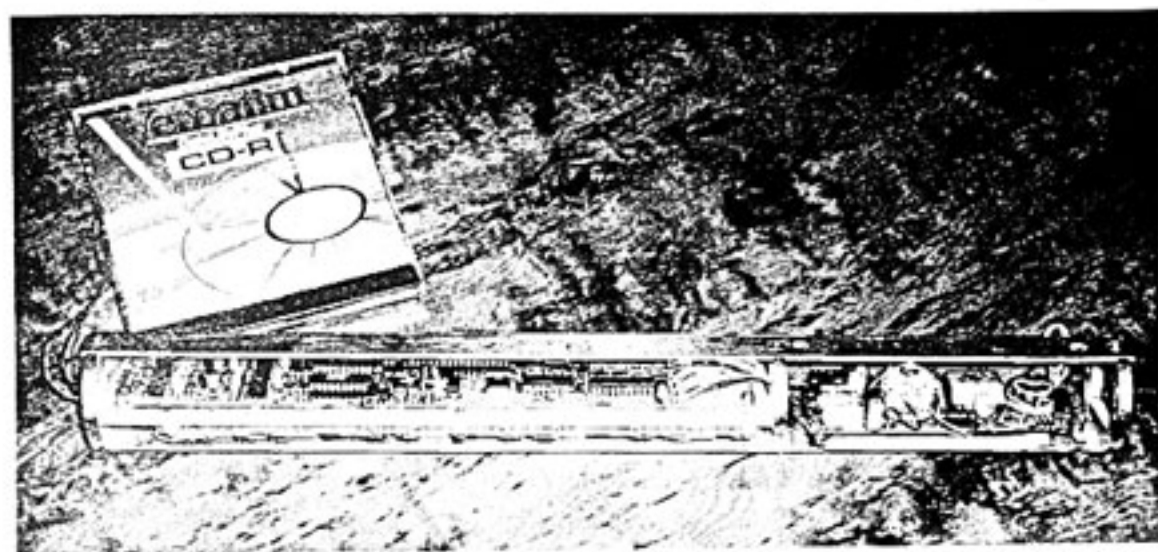


Рис.2. Общий вид блока для скважинного прибора (коробка с CD – для масштаба)

Работа электроники в скважинном приборе ведется под общим управлением микропроцессора семейства MCS-51. Команды, передаваемые в скважинные приборы:

- калибровка (происходит самокалибровка и синхронизация всех АЦП)
- измерение
- чтение (дополнительно задается номер прибора)
- прижим, отжим (дополнительно задается номер прибора).

Наземная часть системы состоит из портативного ПК, специализированного контроллера, обеспечивающего электрическое и информационное согласование скважинной и наземной частей системы, трехканального блока для

подключения контрольных сейсмоприемников с характеристиками, аналогичными скважинным приборам, и блока питания. К наземной части одновременно может быть подключено до 7 скважинных приборов. Для ПК разработано соответствующее программное обеспечение, позволяющее управлять ходом эксперимента, визуализировать получаемый материал и сохранять зарегистрированные записи на жестком диске ПК в формате СЦС-3.

Ниже приведены основные технические характеристики электронного блока для скважинного прибора:

число сейсмических каналов	3
канал измерения температуры	1
полоса пропускания усилителя-фильтра, Гц	0,1-250 (500; 1000)
крутизна затухания амплитудно-частотной характеристики, дБ/окт.	36
амплитуда напряжения шумов, приведенная ко входу, мкВ	0,2
число разрядов АЦП	24
период дискретизации, мс	0,25; 0,5; 1,0; 2,0
динамический диапазон, дБ	112,5-120
амплитудная неидентичность между каналами не более, %	0,2
коэффициент нелинейных искажений канала не более, %	0,02
взаимные влияния между каналами не более, дБ	-80
емкость буферной памяти на один измерительный канал, Кбайт	64
скорость передачи информации по кабелю, Кбит/с	57,6
диапазон рабочих температур:	
скважинной части	от -40 до +105°C
наземной части	от -40 до +50°C
питание аппаратуры, Гц	от сети 220 В, 50 Гц
диаметр прочного корпуса скважинных приборов, мм	48; 73

При необходимости скважинная часть аппаратуры легко может быть модифицирована для установки в скважинные приборы с другими, в том числе и меньшими, диаметрами прочного корпуса (в настоящее время завершается работа над модификацией блока для скважинных приборов с диаметром прочного корпуса 35 мм).

Разработанный электронный блок может использоваться как при изготовлении новых скважинных приборов, так и для модернизации уже имеющегося оборудования, не соответствующего современному уровню проводимых исследований. В частности, во многих геофизических организациях, проводящих сейсмические наблюдения в скважинах, имеются аналоговые или ранние модификации цифровых скважинных приборов. Как правило, они укомплектованы качественными сейсмоприемниками и во многих случаях вполне работоспособны.

Замена электронной части таких приборов на описанный выше блок позволяет при относительно небольших затратах получить вполне современную цифровую скважинную аппаратуру с расширенным динамическим диапазоном. Такая модифицированная аппаратура прошла успешные испытания в ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегазгеофизика» при проведении работ методом ВСП в скважине глубиной 2700 м.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВСП

В.П. Бандов*, А.Ф. Косолапов**, Е.Т. Захаров**,
Н.М. Ахметшин**, В.Н.Пшеничников**, .Г.Г.Сафиуллин **,
В.С. Симаков***

(*ОАО "Геотехсервис", ***ГУП "ВНИИГеофизики", г. Москва,
**ЗАО НПФ "СейсмоСетСервис", г. Октябрьский).

Современные технологии ВСП, помимо традиционной направленности на решение задач сейсморазведки, все чаще используются с целью получения детальной информации о физических свойствах разреза в околоскважинном пространстве. Эти сведения, в частности, необходимы при проектировании разведочных и эксплуатационных, в т. ч. наклонно-направленных и горизонтальных скважин, и повышения эффективности технологии нефтедобычи на эксплуатируемых месторождениях. Успешность решения таких задач во многом зависит от качества и достоверности получаемых данных о структурно-геологическом и тектоническом строении разбуриваемого участка, форме и размерах нефтегазонасыщенного объекта, физико-механических и коллекторско-емкостных свойствах пород геологического разреза. Отсюда очевидна необходимость получения количественных характеристик регистрируемого в скважине сейсмического волнового поля с оценкой точности их определения.

В связи с повышением требований к качеству и точности результатов и возросшим числом задач, решение которых возможно лишь при использовании количественных параметров, возникла потребность перевода аппаратуры ВСП в группу средств измерений и создания соответствующего метрологического обеспечения. Лишь в этом случае становится возможным при оценке полученных результатов использовать такие характеристики, как точность определения тех или иных физических параметров и структурных построений. Сложность задачи усугубляется и тем, что в сейсморазведке пока до конца не

отработаны принципы метрологического обеспечения и вопрос отнесения ее к измерительным методам в большинстве своем еще не вышел из сферы дискуссий и начальных разработок.

Группой специалистов предприятий ОАО "Геотехсервис", ЗАО НПФ "СейсмоСетСервис", ОАО НПФ "ВНИИГИС" с участием ЗАО НПФ "ГИТАС" и ГУП "ВНИИГеофизики" проводилась разработка метрологического обеспечения и методики аттестации цифровой многомодульной аппаратуры ПМ ВСП. Впервые были определены основные элементы концепции метрологического обеспечения скважинных сейсмических исследований, разработаны экспериментальные образцы калибровочных устройств для цифровой и аналоговой аппаратуры и проекты соответствующих методических рекомендаций. Фактически этими работами было положено начало созданию единой технической, методической и нормативной базы метрологического обеспечения ВСП, включающей разные уровни контроля применяемых измерительных средств, с адаптацией основных элементов схемы на стандарты, принятые в международной практике.

Данная работа отличается от всех предшествующих разработок в этой области более глубоким охватом средствами метрологии основных звеньев измерительной технологии ВСП. Создаваемые метрологические средства должны обеспечить оценку стабильности характеристик основных узлов зондов ВСП, калибровку аппаратуры на скважине и в лабораторных условиях. Разрабатываемые аппаратурно-методические средства универсальны и ориентированы на работу с различными видами цифровой и аналоговой сейсмической скважинной аппаратуры.

На основе анализа влияющих факторов сформулированы основные требования к информационно-измерительному каналу (от сейсмоприемника до регистратора). Из комплекса измеряемых параметров ИИС выбраны основные, подлежащие метрологическому контролю - амплитудно-частотная (АЧХ), фазово-частотная (ФЧХ) и амплитудная (АХ) характеристики. В своем развитии метрологическое обеспечение предполагает контроль и других параметров - коэффициента нелинейных искажений, динамического диапазона и характеристик

направленности чувствительности приемных систем приборов (модулей) зонда.

Разрабатываемое метрологическое оборудование включает:

- экспериментальный образец компьютеризированного устройства для калибровки аппаратуры ВСП в виде имитатора скважины - образцовой трубы, подвешенной на амортизаторах и заполненной жидкостью, обеспечивающей контроль амплитудной, амплитудно-частотной и фазово-частотной характеристик рабочих образцов аппаратуры ВСП с учетом влияния прижимного устройства, а также контроль их термостабильности;

- компьютеризированный стенд для определения и контроля динамических характеристик прижимного устройства приемных модулей аппаратуры ВСП;

- необходимые технологические программы, обеспечивающие управление режимом работы калибровочных устройств, регистрацией получаемых данных, их обработкой и выдачей в графической форме результатов калибровки метрологических характеристик, а также контроля динамических характеристик прижимного устройства и термостабильности аппаратуры ВСП.

Разработаны также проекты первоочередных нормативно-технических документов – ведомственной поверочной схемы аппаратуры ВСП, предусматривающей двухуровневую систему передачи амплитудных характеристик от образцовых средств измерений к рабочим, а также методы и средства калибровки аппаратуры ВСП, регламентирующие основной объем работ при организации калибровки как образцовых, так и рабочих средств измерений.

Результаты представляют собой итоги НИР по созданию метрологического обеспечения ВСП. Они могут быть положены в основу проведения опытно - конструкторской разработки комплекса поверочных средств ВСП и дальнейшего совершенствования программно-методического обеспечения технологии калибровочных работ.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО АППАРАТУРНОГО КОМПЛЕКСА ВСП

В.П.Бандов*, Е.Т. Захаров**, Г.Г.Сафиуллин**,
Н. М. Ахметшин**, Е.В. Шарова**, А.А. Шипилов**

(*ОАО "Геотехсервис", г. Москва,

**ЗАО НПФ "СейсмоСетСервис", г. Октябрьский)

В последние годы как в России, так и за рубежом отмечается существенное повышение интереса к методу ВСП при детальной разведке разрабатываемых нефтегазовых месторождений и решении нефтепромысловых задач. В этом случае повышаются требования к детальности скважинных сейсмических исследований и точности привязки их результатов к данным наземной сейсморазведки и каротажа. Первое достигается расширением частотного и динамического диапазонов, применением в скважинных приборах качественных прижимных устройств, а также специальной обработкой данных с восстановлением утраченных высоких частот. Повышение точности привязки скважинных и наземных сейсмических данных может быть обеспечено использованием в зонде устройств на базе датчиков (акселерометров), контролирующих положение осей сейсмоприемников, специальных расстановок наземных контрольных сейсмоприемников и пультов управления источниками возбуждения с контролем формы импульса. Точная привязка данных к глубине может быть достигнута включением в зонды ВСП привязочных модулей, применяемых в каротаже. Такие сейсмические зонды, оснащенные модулями ГК для работ в необсаженной части скважины и локатором муфт в обсаженной, датчиками для регистрации давления и температуры в скважине, уже применяются в практике Шломберже и др. компаний.

Такая конфигурация зонда требует изменения и структурной схемы наземной части аппаратуры ВСП. Она должна включать помимо традиционных функциональных блоков ряд дополнительных элементов, выполняющих функции

каротажной и малоканальной сейсмической станций. Одновременные скважинные и наземные сейсмические наблюдения при стоянках зонда и запись каротажных данных в процессе его перемещения по скважине в могут быть реализованы с помощью современной цифровой каротажной станции, укомплектованной аппаратурой ВСП и оснащенной соответствующим количеством наземных контрольных сейсмических каналов. Станция должна иметь регистрирующий компьютер или, как минимум, платы контроллеров (для управления работой зонда ВСП и сбора данных от всех его модулей, а также наземных контрольных сейсмоприемников) и компьютер верхнего уровня (для обработки комплексных данных и визуализации результатов). Естественно, необходимо и более совершенное программное обеспечение.

В ОАО «Геотехсервис» и ЗАО НПФ «СейсмоСетСервис» разрабатывается технологическое программное обеспечение для компьютера верхнего уровня такой станции, выполненное в ОС WINDOWS. Программа предназначается для работы с любым типом скважинного зонда ВСП и в минимальной степени зависит от специфики электронной части используемой аппаратуры.

Программа верхнего уровня представляет из себя ряд взаимосвязанных программных модулей, вызываемых из меню управляющей программой. Обеспечивается задание любой системы и методики наблюдений, предусматривающей выполнение ВСП из одного или нескольких пунктов возбуждения с различными конфигурациями скважинной и наземной аппаратуры. Задаются параметры управления прижимными устройствами и регистрации данных ВСП, каналов для измерения углов сейсмоприёмников в скважине, наземных контрольных сейсмоприемников, данных ГК, локатора муфт, давления и температуры привязочного модуля. Организовывается работа аппаратуры с источником возбуждения, подготавливается процесс регистрации данных на регистрирующем компьютере. Программа нижнего уровня проводит регистрацию в соответствии с заданными параметрами, записывает данные в выходной файл. При подъеме зонда осуществляется запись каротажных данных привязочного модуля. Программа верхнего

уровня проводит препроцессинг этих данных и позволяет осуществлять просмотр результатов обработки. В автоматическом режиме ведётся протокол работ как скважинных, так и наземных наблюдений.

Программа обеспечивает в полевых условиях первоначальную обработку зарегистрированных сейсмических данных, в том числе:

- формирование профилей ВСП по отдельным компонентам и распределением записей контрольных наземных сейсмоприемников по глубинам;
- свёртку свип-сигнала и накопленной трассы при использовании виброисточников;
- редактирование сейсмозаписей (ввод статических поправок, обнуление участков трасс, усиление записей, смена полярности, удаление записей на отдельных глубинах, переворот глубин), а также их полосовую и режекторную фильтрации;
- автоматическую регулировку усиления;
- расчёт спектров по трассам профиля ВСП;
- ручное и автоматическое определение годографа первых вступлений;
- определение отношения сигнал к помехе и ряд других операций.

Данные, ГК, локатора муфт, температуры и давления обрабатываются с использованием программ каротажной станции. Обработка данных об углах наклона осей сейсмоприемников приемных модулей осуществляется самостоятельной программой.

Программы пакета написаны в среде программирования DELPHI для компьютера типа PC PENTIUM. Возможно использование этой программы верхнего уровня на комплексах с одним компьютером с системой LINUX.

НОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СКВАЖИННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗОНДОВ

С.Ю. Антипин

(ООО «Компас плюс», г. Уфа)

Применяемые в настоящее время скважинные сейсмические зонды с управляемым прижимным устройством имеют один прижимной рычаг, жестко прижимающий корпус зонда к стенке скважины. Такая конструкция зонда разработана в 60-е годы – на заре развития вертикального сейсмического профилирования. Зонд предназначался для регистрации лишь продольных волн, возбуждаемых в точке максимально приближенной к устью скважины. Получаемые результаты использовались для оценки скоростной характеристики, изучения волнового поля и литолого-стратиграфической привязки отражений. Дальнейшее развитие методов скважинной сейсморазведки показали их эффективность при решении структурных задач, оценке литологических и емкостных характеристик разреза в околоскважинном пространстве. При решении структурных задач запись колебаний производится от удаленных от устья скважины пунктов возбуждения. При этом регистрируемое волновое поле более сложное по составу, содержит волны различной природы, близкие по частотным и скоростным характеристикам. Для их разделения часто бывает недостаточно традиционных способов частотной и скоростной селекции. Наиболее эффективное их разделение можно обеспечить, привлекая дополнительную независимую характеристику волн – поляризацию. Для этого необходимо производить трехкомпонентную регистрацию волнового поля. При этом контакт скважинного зонда со стенкой скважины должен обладать азимутальной чувствительностью, не зависящей от направления подхода волн. Рассмотрим обладают ли таким качеством существующие зонды с одно-рычажным прижимом? Пусть закон движения корпуса зонда $x(t)$ при возмущающем воздействии $F=A\sin(\omega t)$ описывается уравнением

$$m \ddot{X} + cx = -m\omega^2 A \sin(\omega t).$$

где: $\ddot{X}(t) = A\omega^2 \sin(\omega t)/(\alpha^2 - \omega^2)$;

A, ω - соответственно амплитуда и частота внешнего колебания;

$\alpha = \sqrt{c/m}$ - частота собственных колебаний зонда;

m - масса зонда;

c - коэффициент упругости среды в направлении распространения колебаний.

Будем считать интервал разреза, в котором зонд находится в данный момент, изотропным. При распространении волны по направлению оси X , совпадающей с направлением силы, прижимающей зонд к стенке скважины, колебания зонда будут вызваны деформацией «сжатия – растяжения». Если волна распространяется в направлении оси Y , перпендикулярной плоскости прижима зонда, то колебания зонда будут происходить по касательной к сечению скважины и вызовут в среде, контактирующей с прибором, сдвиговую деформацию.

При других направлениях подхода волны, очевидно, возникнут деформации обоих типов. При этом сжатие будет осуществляться с усилием

$F_1 = F \cos \varphi$, а сдвиг - с усилием $F_2 = F \sin \varphi$, где φ - угол между осью X и направлением подхода волны.

Пусть для среды, окружающей зонд c_1 - модуль сжатия, c_2 - модуль сдвига. Используя известное [1] соотношение

$$c_2 = c_1(1 + \mu),$$

где μ - коэффициент Пуассона (для геологических сред $\mu = 0,2 \div 0,4$), оценим резонансные частоты по направлениям X и Y :

$$\omega_x = \sqrt{c_1/m}, \quad \omega_y = \sqrt{(c_1(1 + \mu)/m)}.$$

Подставляя в уравнение (1) вместо c последовательно его значения c_1 и c_2 , получим соответственно и различные по форме импульсные характеристики системы «зонд-стенка скважины» для этих направлений. Для других направлений импульсная характеристика будет изменяться в зависимости от угла φ . Отметим, что она будет изменяться так же и со сменой физических свойств среды (в частности параметра μ) на различных глубинах измерений, даже когда направление подхода волн не изменяется. Но эти изменения не определяются

конструкцией и положением зонда в скважине. Таким образом, приведенный выше простой расчет показывает, что круговая диаграмма чувствительности зонда, прижатого к стенке скважины не может быть равномерной, т.е. совпадающей с окружностью. Из этого следует, что форма и динамические параметры волн, регистрируемых таким зондом будут зависеть от направления подхода их в точку приема. В меньшей степени эта зависимость будет проявляться при малых отношениях диаметров поперечных сечений скважины и зонда. Очевидно, что в предельном случае, когда это отношение равно единице, указанная зависимость вообще не будет проявляться.

Литература:

Ивакин Б.Н., Карус Е.В., Кузнецов О.Л. «Акустический метод исследования скважин», М. Недра, 1978, 320с.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ СКВАЖИННАЯ АППАРАТУРА. ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ

В. А. Багмут*, М. Г. Герасимов*, А. Э. Сайганов*,
В. А. Рюмин**.

(*КГФЭ «Крымгеофизика», г. Симферополь;

**МП «Геофизприбор», г. Симферополь)

Исследования методом ВСП в КГФЭ выполняются с начала 60-х годов, разработка и внедрение ПМ ВСП — с начала 70-х.

Разработка аппаратуры в КГФЭ выполняется с начала 80-х годов. В разработанных образцах для ПМ ВСП применяется в основном симметричная расстановка сейсмоприёмников.

Все зонды, выпущенные за прошедшие годы, по способу передачи информации можно разделить на 3 группы.

1. Зонд с прямой (без преобразования спектра) передачей информации (АПМ ВСПУ-3-12, АПМ1-7). При его разработке было выполнено основное требование к аппаратуре для ПМ: сейсмоприёмники в установки подбирались с неидентичностью по амплитуде не более 5%. Для непрерывного контроля этого параметра в установку был введен вертикальный сейсмоприём-

ник, а для передачи информации по семижильному кабелю - система уплотнения на согласующих трансформаторах, обеспечивающая уровень взаимных влияний каналов $\leq 1\%$.

Остальные параметры этого зонда определялись параметрами используемого устройства регистрации — сейсмостанции «Прогресс».

2. Зонды с ВИМ. Основная задача, которая решена при их разработке, — был обеспечен мгновенный диапазон записи не хуже 80 дБ. Полоса пропускания каналов 8–125 и 8–250 гц. Остальные параметры такие же, как и у зонда с прямой передачей.

3. Цифровой зонд (ЦПМ 3-1). Разработка его велась исходя из 2-х положений:

а) многолетний опыт применения образцов, упомянутых в п.1 и п. 2, показывал, что: информация, полученная с помощью каждого из них — идентична, и высокого качества (о чем свидетельствует целый ряд публикаций, отзывов и т. д.);

б) в работе «Теоретические основы цифровой записи сейсмических колебаний», ВНИИГеофизика, Москва, 1992. О. К. Кондратьев показывает, что технические характеристики сейсмостанции «Прогресс-2,3» (ПАК 14 разрядов + знак + МАРУ) — f_{\max} 125 гц оптимальны для регистрации сейсмических колебаний.

Поэтому для ЦПМ 3-1 был применен ПАК 15 разрядов + знак + МАРУ. Таким образом, ЦПМ 3-1 отличается от сейсмостанции «Прогресс» тем, что ПАК вынесен в скважинный прибор.

При этом необходимо было увеличить скорость передачи информации по кабелю против ВИМ (30 кгц) в 10 раз (370 кбод), а также пришлось решить задачу борьбы с шумами преобразования. В результате — уровень взаимных влияний в 10 раз меньше, чем в аналоговых зондах — $\leq 0,1\%$.

Отсутствие обоснованных требований к техническим характеристикам разрабатываемой аппаратуры зачастую вынуждает обеспечивать завышенные требования, которые впоследствии могут оказаться не востребуемыми.

Многолетний опыт разработки и применения аппаратуры

для ПМ ВСП позволяет нам утверждать следующее:

1. Качество работы аппаратуры определяется, во-первых, её техническими характеристиками, прямо не зависящими от применяемой системы передачи информации (сведения о влиянии на него у нас отсутствуют), а, во-вторых, еще целым рядом факторов: соотношением усилия прижима к весу скважинного прибора, эффективностью системы контроля и т.д.

2. Устройство регистрации для всех видов зондов должно быть компьютеризованным.

Таким образом, проблема применения аппаратуры для потребителя заключается в правильном выборе образца аппаратуры по его характеристикам исходя из условий, в которых он будет применяться (температура, возможность отключения сети на буровой и т.д.).

Для потребителей, выполняющих работы в различных условиях, целесообразно применение аппаратного комплекса, включающего все 3 типа перечисленных зондов. Это возможно обеспечить изготовлением зонда на базе унифицированного скважинного прибора (таким комплексом, включающим 2 первых типа зондов, был АПМ ВСПУ-3-12).

Дополнительно следует отметить, что ВСП (ПМ ВСП в особенности) на современном этапе должно решать 3 основные задачи:

- параметрическое обеспечение сейсморазведки (в том числе ПМ ВСП должно обеспечивать 3D-сейсморазведку или, как минимум, предшествовать ей);
- изучение прискважинного и околоскважинного пространства;
- оперативное обслуживание глубокого бурения - мониторинг в процессе бурения.

В связи с этим, «разделение труда», принятое сейчас в геофизике (поле, обработка и интерпретация) является для ВСП (ПМ ВСП) вредным, весь комплекс работ должен быть сосредоточен «в одних руках». Особую актуальность приобретает комплексирование (а возможно и совместная обработка и интерпретация) ПМ ВСП с ГИС, наземной сейсморазведкой и другими геофизическими методами.

Воспоминания о Е.И. Гальперине

СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ ЕВСЕЯ ИОСИФОВИЧА ГАЛЬПЕРИНА

Л.Г.Аристакесян, к.э.н., действ.чл. Академии Горных Наук

Это было уже почти сорок лет тому назад, когда на одном из семинаров в г. Краснодаре мне посчастливилось познакомиться с очень неординарным ученым-сейсмологом из ИФЗ АН СССР – Евсеем Иосифовичем Гальпериним.

Среди множества докладов и сообщений по проблемам нефтяной, рудной, морской и пр. сейсморазведки, доклад Е.И. Гальперина меня поразил, казалось бы, «не масштабностью» поднятой в нем темы. Речь шла о скважинной сейсмике вообще и, в частности, вертикальном сейсмическом профилировании (ВСП). Иллюстрациями к докладу служили конкретные материалы, полученные сейсмокаротажной партией треста «Кранодарнефтегеофизика» под руководством, тогда еще соискателя ученого звания, Юрия Мирзояна, который, кстати, и познакомил меня не только с Е.И. Гальпериним, но и с Кондратьевым Олегом Константиновичем и с другими интересными учеными и производственниками из различных НИИ, геофизических организаций Миннефтепрома, Мингео и т.д.

Тогда, будучи молодым и новоиспеченным начальником сейсмокаротажной партии треста «Волгограднефтегеофизика», я не представлял, что моя командировка в Краснодар по настоянию Щепина В.В. станет для меня во многом судьбоносной.

Гальперин Е.И. – это гигантский пресс, который начал без обиняков с первого мгновения знакомства «вдавливаться» в меня идеи разведки околоскважинного пространства, для чего, по его убеждению, я должен немедленно, под его личным кураторством, приступить к освоению и внедрению метода ВСП, а что касается мнения или желания руководства треста – эти проблемы он берет на себя сам в ближайшее время. Попутно с одержимой страстью, Евсей Иосифович поведал мне о проблемах прогнозирования землетрясений на примере Талгарской

экспедиции под Алма-Ата, о задачах глобальной сейсмологии по решению проблем строения земной коры и т.д. и т.п.

Я ошалел от первого знакомства и вылитым на мою голову потока информации. Он завораживал буквально каждого, кого он выбирал «жертвой» для проведения в жизнь своих идей.

Не прошло и месяца, как Гальперин Е.И. успел побывать в Волгограде и решить все проблемы, связанные с освоением скважинного метода – ВСП.

Работа шла интенсивно и за летний период 1962 г. мы освоили и внедрили в практику работ этот метод. Постоянно в полевых работах участвовали сотрудники лаборатории Гальперина Е.И. Он часто приезжал в полевую партию. Многого мы почерпнули и от всегда продуктивного общения с О.К.Кондратьевым.

Я не буду сейчас, с тех далеких позиций, описывать технику и методику ВСП. Об этом много написано и сейчас, когда в корне модернизирована аппаратная база и расширены возможности скважинной сейсмики – это будет неинтересным повествованием. Лучше еще немного о Гальперине Е.И.

Без ложной скромности я хочу заметить, что работать с Евсеем Иосифовичем многоинтересно, но и...также многотрудно. Он не прощал мелочей в организации работ, как и допущенных ошибок. Он мог выслушать чужое мнение, но при неукоснительном условии подчинения его и только его решениям. Это танк в науке, аскет в образе жизни – но в то же время очень ранимый в житейских пустяках, которые неизбежны в полевых условиях того времени.

В 1972 году, спустя десять лет после внедрения ВСП (за это время мы, конечно, неоднократно встречались) я случайно встретился с Евсеем Иосифовичем в Кисловодске, где он с женой, Риммой Михайловной, «отдыхал» диким способом. Он пригласил меня к себе, угощал соками, но от предложенной мной рюмочки вина отказался. Мы много говорили о перспективах метода ОГТ, вибросейсах, зарубежном опыте и т.д. Он со смехом вспоминал, как написал на меня рапорт управляющему трестом по поводу того, что мой оператор Коваленко В.И. не подчинился ему в мое отсутствие. Гальперин Е.И. в рапорте указал, что я

узурпировал власть в сейсморазведке, начальником которой я был, как в свое время И.В.Сталин делал то же в масштабе Государства, не доверяя никому. Вспоминали, как наш грузовой автомобиль, перевозя огромное количество сейсмограмм, приборов, снаряжения и др. скарба из Волгограда в Щелково, на базу ИФЗ, перевернулся в дороге и весь первичный и обработанный материалы были залиты вареньем, наваренным летом сотрудниками лаборатории. Много казусов происходило без особых на то причин. Характеры Гальперина Е.И. и мой были взаимно остро реагирующими на все. Мы оба «возгорались», но приходили всегда к правильным выводам, а главное, работа по исследованию скважин шла в нужном темпе и нормально. Вспоминается все прошлое легко, но переживалось тогда это всерьез, но без злопамятства.

Очень жаль, что рядом с нами сегодня нет Евсея Иосифовича Гальперина. Светлая ему память за содеянное в науке и производстве.

Во многом благодаря ему, его умению биться до конца, без компромисса, я стал и главным инженером треста, заряженный идеями внедрения нововведений в практику сейсморазведочных работ, затем управляющим трестом, заместителем начальника «Главнефтегеофизики» и начальником «Главнефтеавтоматики» Миннефтепрома.

Может быть я его обидел, когда не пошел к нему в ИФЗ соискателем степени кандидата наук, став намного позже к.э.н. по проблемам управления научно-техническим прогрессом в нефтяной геофизике. Он воспитал и выпестовал многих ученых, которые достойнее меня, и сегодня, как и я преклоняют головы перед его светлой памятью Человека, Крупного деятеля науки и талантливого организатора внедрения в народное хозяйство достижений науки и техники.

Спасибо, Евсей Иосифович, что Вы были! Спасибо за все созданное Вашим талантом! Спасибо за науку учиться и побеждать! Вы всегда останетесь с нами.

Е.И.ГАЛЬПЕРИН И ПЕРВЫЕ РАБОТЫ ВСП НА ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛНАХ

В.С.Мануков

(ОАО «ЦГЭ», г.Москва)

Стремительно, как метеор, Евсей Иосифович Гальперин ворвался со своим методом ВСП в Волгоградскую геофизику. Это было в начале 60-х уже прошлого века. В те годы, вопреки нынешним представлениям о тотальном застое в экономике, в разведочной геофизике страны и в том числе в Поволжье наблюдался заметный прогресс, особенно в области теоретических и методических разработок.

Наряду с такими методическими приемами как группирование приборов и взрывов, многократное профилирование, плоский фронт и несколько позже (1966-67гг.) начавший в опытном режиме внедряться метод ОГТ, метод ВСП, несомненно, сыграл огромную роль в дальнейшем развитии всей разведочной геофизики. Очень скоро, сразу же после первых результатов ВСП, полученных Е.И.Гальпериным в различных геологических регионах, стало очевидным, что геофизики получили уникальный инструмент для изучения недр земли. До появления временных разрезов ВСП, пожалуй, невозможно было так четко представить себе картину сейсмического волнового поля во внутренних точках среды и основные особенности геологического строения в окрестности исследуемой скважины.

Невозможно переоценить вклад Е.И.Гальперина в геофизическую науку и практику. Роль и значение метода ВСП постоянно растет, расширяется круг геологических и методических задач, решаемых с помощью ВСП. Еще при жизни Евсея Иосифовича метод получил мировое признание. С развитием компьютерных технологий раскрылись новые возможности метода, он стал просто необходимым средством получения ценной информации как на этапе поиска и разведки перспективных на нефть и газ структурных объектов, так и на стадии детального изучения геологической модели месторождения и даже в процессе его разработки.

Так, например, первые же результаты ВСП в Волгоградском Правобережье показали наличие в разрезе довольно жестких отражающих границ в отложениях нижнего карбона и терригенного девона, а также достаточно интенсивные отражения от этих границ. И это вопреки бытовавшему тогда у некоторых специалистов мнению об отсутствии в девоне таких протяженных границ. Однако, не достигая дневной поверхности, эти отражения разрушались в интерференции с волнами-помехами разной природы, в основном, с многократно-отраженными волнами. Все это было хорошо видно на вертикальном профиле. Благодаря этому понятнее воспринималась волновая картина, регистрируемая на поверхности, определилась основная причина невозможности непрерывного картирования этих границ и, наконец, было признано необходимым применение более совершенных технологий получения и обработки первичных сейсмических данных. С внедрением МОГТ и, особенно, технологии 3Д эта проблема практически решается.

Надо сказать, что почти с самого начала метод ВСП развивался как многокомпонентный, с целью регистрации не только продольных и поперечных волн, но и волн любой поляризации. Поэтому Е.И.Гальперин параллельно разрабатывал поляризационный метод ВСП. Но, как известно, в ПМ ВСП волны возбуждаются обычным взрывным источником, как в методе продольных волн. А в то время (с 1965 года) Волгоградской геофизической экспедицией НВ НИИГТ под научным руководством Н.Н.Пузырева проводились опытно-методические работы по опробованию различных типов источников возбуждения поперечных SH волн и выяснению возможности регистрации поперечных отражений от границ в карбоне и девоне. Евсей Иосифович знал от меня о том, что не везде, но в благоприятных грунтовых условиях удается возбуждать устойчиво обращающиеся SH волны, что с таким источником на одной из сложных площадей – Кудиновской, отработан 5-ти километровый профиль методом ОГТ, проложенный между двумя скважинами и что на этом профиле прослежены 2-х – 3-х км отражающие площадки на глубинах до

3-х км, в карбоне и девоне, а непрерывно прослежены три горизонта в верхнем карбоне с высокой точностью привязанные к скважинам. Разве мог Евсей Иосифович, как подлинный ученый, оставить это без внимания и не воспользоваться возможностью опробовать направленный источник возбуждения поперечных волн при ВСП? И по его инициативе и при содействии главного инженера Главнефтегеофизики Л.И.Иванова в Волгоградской области было впервые выполнено ВСП в 3-х глубоких скважинах:

- №85-Кудиновской, глубиной $H=355$ м. На Рис.1 приведены записи прямой SH волны от $\pm U$ воздействий и их разность $\Delta(\pm U)$ - верхняя трасса каждой тройки записи с одной глубины. Последующие волны на вертикальном профиле не приводятся из-за их слабой интенсивности, вес заряда всего 400г.;

- №205-Кудиновской, $H=2000$ м, (Рис.2);

- №1-Клетской, $H=1400$ м. Поле поперечных падающих и отраженных волн, в том числе кратно-отраженных на непродольном вертикальном профиле зарегистрированное на U -компоненте при $\pm U$ воздействиях групповым трехрядным источником. Условия возбуждения SH обращаемых волн неблагоприятные, (Рис.3).

Эти работы проведены Волгоградской экспедицией НВ НИИГТ совместно с сейсмокаротажной партией треста «Волгограднефтегеофизика» в 1966 году. Это был первый опыт ВСП на поперечных волнах. Нельзя считать, что он был полностью удачен, т.к. грунтовые условия не всегда обеспечивали возбуждения SH поперечных волн с устойчивым признаком фазовой инверсии. Тем не менее, везде была доказана возможность регистрации как падающих, так и отраженных поперечных волн на вертикальном профиле. На Рис.2 приводится ранее не публиковавшаяся сводная сейсмограмма по вертикальному профилю в скважине №205-Кудиновской. Глубина исследования была ограничена длиной 6-ти жильного кабеля – 2000 м. Взрывы производились на глубинах 3 м, последовательными $+U$ и $-U$ воздействиями из 4-х групповых трехрядных источников. Ослабление продольных волн осуществлялось путем их вычитания из $\pm U$ воздействий. На Рис.2

видны отраженные S волны, возникающие на различных глубинах, в том числе и от границ в девоне, отложения которого начинаются с глубины 1800 м. Вверху для привязки волн с вертикального профиля с волнами, зарегистрированными на поверхности, приложена сейсмограмма с записью поперечных отражений, полученных по методу «плоского фронта». Надо отметить, что современными средствами представления сейсмических записей наблюдаемое волновое поле можно было бы существенно очистить от помех и более определенно проинтерпретировать природу зарегистрированных волн.

Успеху ВСП в значительной степени способствовали личные качества самого автора метода. Прежде всего, Евсей Иосифович, как большой ученый, был блестящим пропагандистом своих идей. Очень доступно и вдохновенно он мог часами рассказывать и показывать на многочисленных примерах возможности метода ВСП для решения как методических, так и геологических задач. Он мог убедить любого специалиста и в особенности начальников разного уровня в необходимости применения ВСП. Мне посчастливилось неоднократно присутствовать на таких его выступлениях – в тресте «Краснодарнефтегеофизика» у Ю.Д.Мирзояна, его ученика и многолетнего сподвижника, в Главнефтегеофизике у Л.И.Иванова, на многих совещаниях и семинарах по ВСП, и, конечно, в Волгограде, у главного инженера треста В.Д.Щепина, начальника сейсмокаротажной партии Л.Г.Аристакесяна, впоследствии возглавившего этот трест, у начальника Волгоградской экспедиции НВ НИИГГ И.А.Кобылкина, с которыми систематически обсуждались результаты и принимались решения по проведению работ по ВСП.

С Е.И.Гальпериным, несмотря на его строгие требования к выполнению экспериментов, было легко и приятно сотрудничать. Он был прост в общении, доступен, всегда готов был поделиться своими глубокими знаниями, опытом. Он был истинным патриотом своего дела, бескорыстным трудягой, талантливым ученым, умеющим претворять свои идеи в жизнь, в практику на благо своей Родины.

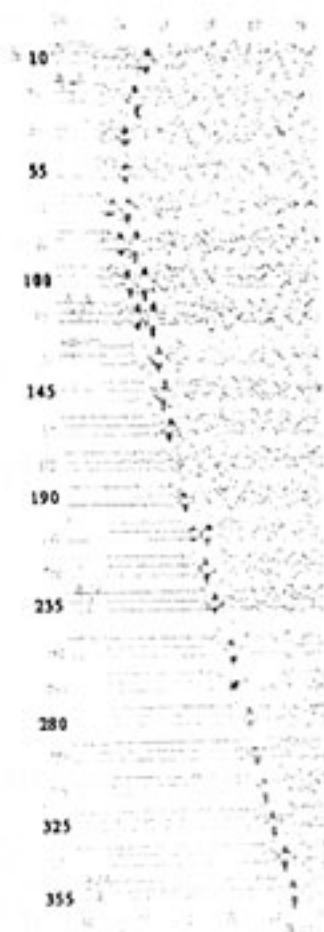


Рис.1

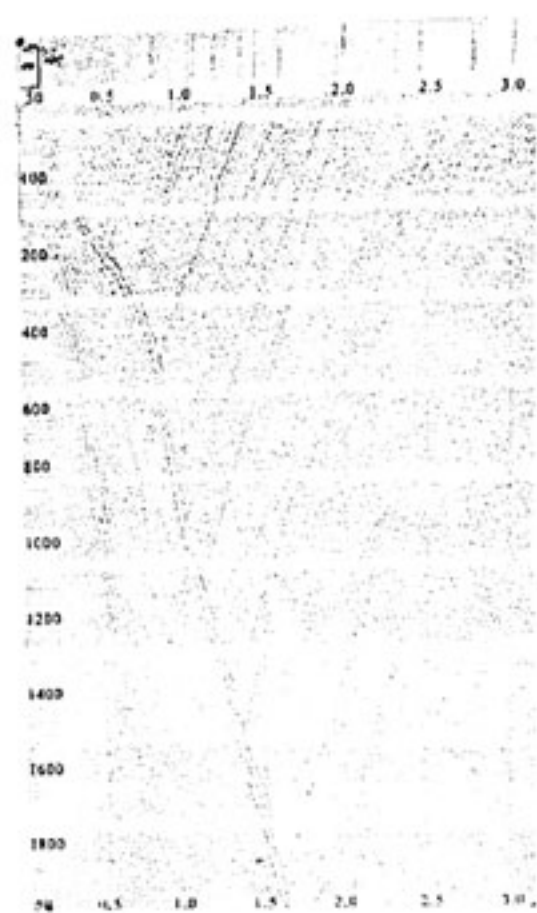


Рис.2

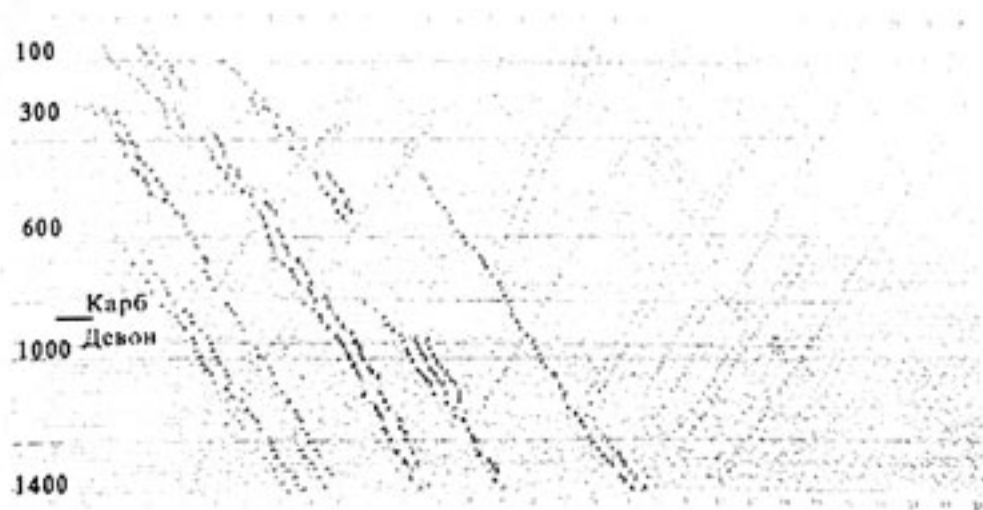


Рис.3

Будь Евсей Иосифович сейчас среди нас, он больше всех радовался бы современным успехам и достижениям одного из многочисленных своих детищ – метода ВСП.

50 ЛЕТ ЗНАКОМСТВА С ЕВСЕЕМ ИОСИФОВИЧЕМ ГАЛЬПЕРИНЫМ

**А.Г.Гамбурцев, д.ф-м.н., зав.лабораторией ИФЗ РАН,
академик РАЕН**

Я думаю, что Гальперинские чтения, которые проводятся в ЦГЭ, – это очень правильное и справедливое действие, поскольку этим отдается должное выдающимся ученым и их пионерским работам, которые получили у геофизиков заслуженные признание и развитие.

Может быть я узнал Евсея Иосифовича и раньше, чем в 1950 году, когда мой отец Григорий Александрович Гамбурцев взял меня с собой в экспедицию на Тянь-Шань. Но запомнившиеся впечатления связаны именно с этим годом. Это была та самая экспедиция, которая проводила легендарные первые работы по ГСЗ. Е.И.Гальперин был ее начальником, а отец – научным руководителем. Это были работы, полные энтузиазма и во многом этому способствовал Е.И. Гальперин. Я помню его темпераментные разговоры с отцом в Щели Дальней, его быстрые и неординарные решения. Такими были решения о переброске экспедиции из Щели Дальней под Алма-Атой в Киргизию – в Кара-Балты или Сосновку. Экспедиция тронулась в путь часа в три или четыре ночи – еще не начало светать, во время поездки звезды на небе перемещались, все было необычно и загадочно. Помню его, как начальника и научного руководителя Тихоокеанской комплексной геолого-геофизической экспедиции, которая тоже впоследствии стала легендарной. Экспедиция была огромной – в нее входили ИФЗ АН СССР, ВНИИГеофизика, другие институты, геологические и геофизические партии разных учреждений и ведомств. В работах

активно участвовали корабли Тихоокеанского Военно-морского флота. Основными работами были работы по ГСЗ. Взрывные работы при помощи глубинных бомб проводили 3 эсминца, регистрацию помимо наземных профилей на Итуруп осуществляли несколько подводных лодок и одно каботажное судно. Плодотворная идея использования именно подводных лодок для регистрации взрывов принадлежала Е.И.Гальперину и М.А. Зайончковскому. Реализация этой неслыханной затеи принадлежала Е.И.Гальперину. Работы были очень четко спланированы и проведены. По этим работам написаны многие монографии, было определено строение земной коры в зоне перехода от континента к океану. Это был один из его звездных часов – вернее трех лет. Я был у него на практике в этой экспедиции. Но видел, по-моему, всего один раз. Я работал на Итуруп, где располагался отряд Г.Г. Михоты. Я помню, как в то время, когда проводились работы на профиле на Итуруп, в небе показался самолет, все поняли, что «летит шеф» и начали наводить марафет. Поздно вечером отряд собрался в большой палатке в ожидании шефа. Было холодно, по палатке стучали крупные капли дождя. Наконец, мы услышали мотор «газика», и вошли несколько бородачей в блестящих от дождя черных плащах – это были люди из другого мира. Напоминало спектакль. Помню произнесенные Гальпериным Е.И. слова: «связался по прямому проводу с командующим флота». Было видно, что ему нравилась его роль. Были просмотрены сейсмограммы, даны ценные указания. Помню его и по подмосковным экспедициям (Нарофоминск), где он занимался азимутальными установками (на эту тему он защитил кандидатскую диссертацию). Потом были встречи в Краснодарском крае, Поволжье, Казахстане, Средней Азии. Везде был тот же увлеченный, горячий и не очень легкий в общении Е.И.Гальперин, но объекты его увлечений менялись. Для него самым важным занятием было то, чем он занимался в данный, отдельно взятый период времени. Следующими любимыми детищами были ВСП, потом – поляризационная сейсмика. Он придумал аббревиатуру ПМ – поляризационный метод – а дальше можно было подставлять: ПМ ВСП, ПМ ОГТ. Его работы по ВСП и ПМ ВСП были им

наиболее сильно продуманными и проработанными во всех отношениях начиная с аппаратуры и кончая интерпретацией. Я тоже много лет занимался ВСП. Мы использовали многое из того, что сделал Гальперин Е.И. для решения ряда задач и в сейсморазведке и при многолетнем сейсмическом мониторинге земной коры в Средней Азии. И мы, конечно, не очень задумывались о том, что эти работы проходили без особых трудностей только из-за того, что их раньше испытал на себе Евсей Иосифович, разрабатывая метод во всех деталях. Мы с успехом применяли поляризационную модификацию ВСП с симметричными около вертикальной оси трехкомпонентными установками (разработка Гальперина Е.И.) и обнаружили, что параметры поляризации – особенные, они мало зависят от особенностей условий возбуждения колебаний и поэтому очень подходящи для проведения режимных наблюдений. Я посещал конференции и школы Гальперина Е.И. по ВСП, где он царил, участники искренне выражали восхищение и благодарность. А вот прежние свои же работы по ГСЗ он ругал (не знаю, правда, насколько серьезно). Он расшифровывал «ГСЗ» так: «Господи. Скажи. Зачем!» По его словам сейсморазведка должна более сильно привлекать исследователей, потому что все можно проверить бурением (а в ГСЗ – не проверишь). Но он не ушел полностью в сейсморазведку – много времени провел в Талгаре – в экспедиции ИФЗ АН СССР, где организовал скважинные наблюдения землетрясений.

Он стремился помогать людям, попавшим в трудное положение – был удивительно равнодушным человеком. После смерти моего отца он принимал самое живое участие в жизни нашей семьи, был очень дружен с моей мамой – и эти отношения сохранились до самого конца. Они были не формальными, он дружески интересовался всеми сторонами жизни нашей семьи, отдавая маме высший приоритет, поддерживая ее и защищая ее от всех. Он часто приходил к нам домой, приезжал на дачу в Абрамцево. И никому не давал покоя. Без усталости играли в волейбол, причем он играл классно. Вечером жгли большой костер рядом с высокими качелями – надо было сильно раскачаться на них и перелететь через костер. Потом – застолье;

он пропагандировал «непальское гостеприимство»: гости приходят, и хозяева приглашают их заняться приготовлением кушаний. У него был большой запас кулинарных рецептов, а что касается быстроты и качества нарезки помидор или огурцов, то это и Макаревичу не снилось. Всегда у него в портфеле были какие-нибудь удивительные материалы – чаще всего монтажи никогда и никем невиданных сейсмограмм. И бесконечные разговоры – и о геофизике и о том, как прошли его фронтовые кавалерийские годы. Ему везде нравилось удивлять, радовать людей. Как-то помню, он произвел фурор среди женщин института, сбрив свою большую окладистую бороду к 8 марта.

Очень трепетными были у него отношения со своей мамой. У нее были пятеро сыновей. Старший Яков был арестован в 1938 году и сослан без права переписки. За него письма к матери все эти годы писал его брат Евсей. В 1956 году Яков был выпущен на свободу смертельно больным и в 1957 году умер. А мама – Анна Марковна до самой смерти в 1963 году регулярно получала от него письма. Когда она говорила, что давно не было от Яши писем, Евсей Иосифович садился и писал очередное письмо. Он умел хорошо относиться к старым людям, к тем, кого считал слабее себя, многое умел прощать. Был хорошим отцом и мужем, очень заботливым зятем – с огромным уважением относился к теще – заботился о ней и всячески опекал.

В моей памяти он остался высоким ученым, умным, неизменно доброжелательным человеком с активной жизненной позицией, решительным, темпераментным. Его работы живы, и, я думаю, долго еще будут жить. И светлая память о нем жива.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

		стр
А	Адиев Р.Я.	82, 107, 130
	Александров С.И.	75
	Антипин С.Ю.	146
	Антипин Ю.Г.	82, 107
	Аристакесян Л.Г.	151
	Ахметшин Н.М.	53, 125, 140, 143
Б	Багмут В.А.	148
	Баев А.В.	26
	Бандов В.П.	53, 125, 140, 143
	Баранов К.В.	32, 39, 67, 70, 73
	Барков А.Ю.	32, 69
	Бескопыльный В.Н.	97
	Бикеев В.С.	32
	Божедомов В.Г.	53
	Боков П.М.	70, 73
	Бублик Н.В.	116
В	Валеев Г.З.	82
	Васильев С.М.	130
Г	Газарян З.И.	105
	Гамбурцев Л.Г.	159
	Гарайшин Ш.Г.	130
	Герасимов М.Г.	148
	Гогоненков Г.Н.	15
	Голикова Г.В.	29
	Глушков В.А.	130
	Громыко В.М.	97
Д	Даниленко В.Н.	125
	Дмитриев В.В.	125
	Добрынин С.В.	41
	Долинин А.Н.	109
	Дроздов Б.В.	86
	Душутин А.К.	39, 67, 70, 73
З	Захаров Е.Т.	140, 143

	Звегинцев А.А.	85
	Земцова Д.П.	109
	Зотеева М.Ю.	82
	Знатокова Г.Н.	85
И	Ишуев Т.Н.	85
К	Касимов А.Н.	41, 105
	Кильметьев А.З.	59
	Кириллов Е.Р.	102
	Козлов В.Г.	59, 86
	Коноплев Ю.В.	42
	Колесников Ю.И.	135
	Косолапов А.Ф.	140
	Клочков В.В.	118
	Кузнецов В.М.	20
	Кучумова И.М.	107
Л	Ленский В.А.	62
	Лесников В.В.	130
	Лукьянов Р.Ф.	86
М	Мамлеев Т. С.	62, 125
	Мануков В.С.	154
	Мегедь Г.В.	55
	Мельников Г.Ю.	39
	Мирзоян Ю.Д.	42, 89
	Мищенко А.Н.	116
	Мурзагалиев Д.М.	113
Н	Николаев А.В.	78
О	Обрежа В.Н.	47
П	Пахомов В.Ф.	82
	Полозов С.В.	135
	Пшеничников В.Н.	140
Р	Рюмин В.А.	148
С	Сафиуллин Г.Г.	53, 125, 140
	Сайганов А.Э.	148
	Силаев В.А.	59
	Симаков В.С.	140

	Скворцов А.Г.	123
	Соболев Д.М.	42
	Солтан И.Е.	17, 26, 70, 73
	Сорокин А.П.	55
	Стенин В.П.	105
Т	Табачков А.А.	15, 17, 26, 32, 39, 53, 70, 73
	Тихонов А.А.	41
	Тюрин А.М.	93
Ф	Федорова В.П.	107
	Феоктистов А.В.	119
	Феоктистов В. А.	119
	Ференци В.Н.	17, 39, 69
Х	Хасанов Д.Х.	113
Ч	Чижова М.В.	29
	Чистов П.И.	17
Ш	Шарова Е.В.	143
	Шевченко А.А.	41
	Шехтман Г.А.	34
	Шипилов А.А.	143
	Шкирман Н.П.	109
	Шляпников А.И.	59
	Шубик Б.М.	78
Щ	Щеголихин А.Ю.	118
Я	Яковлев И.В.	32, 69

ОРГАНИЗАЦИИ – УЧАСТНИКИ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ГАЛЬПЕРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ- 2001»

1. «Азимут Энерджи Сервисез» (г.Алматы).
2. «Башнефтегеофизика» (г.Уфа).
3. «Белоруснефть» (г.Речица, Гомельская область).
4. «Винтерсхалл АГ» (г.Москва).
5. «Волго-УралНИПИгаз» (г. Оренбург).
6. «ВНИИГИС», (г. Октябрьский).
7. ВНИИГеофизика (г.Москва).
8. «Геоверс» (г.Москва).
9. «Геотехсервис» (г. Москва).
10. «Геофизсервис» (г.Саратов).
11. «ГИТАС» (г.Октябрьский).
12. «Геофизприбор» (г.Симферополь).
13. ИГ СО РАН (г.Новосибирск).
14. Институт криосферы Земли СО РАН (г.Москва)
15. «Ингеосейс» (г.Краснодар).
16. ИФЗ РАН (г.Москва).
17. «Институт РОСТЭК» (г.Пермь)
18. ИПНГ РАН (г.Москва)
19. «Казахойл-Эмба» (г.Атырау).
20. «Калининградгеофизика» (г.Калининград).
21. «Компас Плюс» (г.Уфа).
22. «Когалым НИПИнефть» (г.Когалым).
23. «Костромагеофизика» (Костромская область).
24. «Крымгеофизика» (КГФЭ, г.Симферополь).
25. «Кубаньгеосервис» (г.Краснодар).
26. «ЛУКОЙЛ – Нижневолжскнефть» (г.Волгоград).
27. «ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЬ» (г.Пермь).
28. МГУ (г.Москва).
29. «Надра» (г.Киев).
30. НИИморгеофизика (г.Мурманск).
31. НИИФизики С-ПГУ (г. С-Петербург).
32. «Оренбурггеофизика» (г.Оренбург).
33. «Пермнефтегеофизика» (г.Пермь).
34. «ПетроАльянс» (г.Москва).
35. Полтавская газонефтяная компания (г.Полтава).
36. «Промсейс» (г.Саратов).

37. «Самотлорнефтегаз» (г.Нижневартовск).
38. «Самаранефтегеофизика»(г.Самара).
39. «СейсмоСетСервис» (г.Октябрьский).
40. «Сиданко» (г.Саратов).
41. «Союзморгео» (КОМЭ, г.Краснодар).
42. «Специальные геофизические системы» (г.Саратов).
43. «Татнефтегеофизика» (г.Бугульма).
44. ТатНИПИнефть (г.Бугульма).
45. «ТомскНИПИнефть ВНК» (г. Томск).
46. УкрГГРИ (г.Киев).
47. «Укргеофизика» (ВУГРЭ, г. Полтава).
48. «ЦГЭ» (г.Москва).
49. «Эмбамунайгеофизика» (г. Атырау).
