

Технология региональных исследований методом ГСЗ с вибрационным источником

Еманов А.Ф., Соловьев В.М., АС филиал Геофизической службы СО РАН, Кузнецов В.Л., Сагайдачная О.М., Сальников А.С., ФГУП "СНИИГГиМС", г. Новосибирск

Региональные исследования методом ГСЗ являются одной из составных частей геолого-геофизических работ на опорных профилях в комплексе с профильной сейсморазведкой глубинного ОГТ и КМПВ, гравиразведкой и аэромагнитной разведкой, профильными электро-магнитными наблюдениями МТЗ-АМТЗ и другими исследованиями. Этот комплекс позволяет получать качественно новую информацию, обеспечивающую решение геодинамических проблем и практических задач поиска и прогноза полезных ископаемых [3].

Наиболее полное освещение разреза на всю мощность земной коры (до поверхности Мохоравичича и глубже) достигается сейсморазведкой посредством применения комбинированных систем наблюдений, включающих близвертикальные системы МОВ-МОГТ и широкоугольные системы ГСЗ-КМПВ. Обеспечение повышенной детальности и глубинности исследований, возможность и необходимость проведения работ в населенных и промышленных районах, а также оптимизация материальных затрат диктует жесткие требования, прежде всего, к используемым системам наблюдений и источникам возбуждения сейсмических колебаний. Отметим, что в настоящее время в России и мире фактически закончился этап региональных глубинных сейсмических исследований с использованием взрывов большой мощности. Сейсмические работы методом ГСЗ, выполненные в 2001 г. на геотраверсе 2-ДВ с применением взрывов в скважинах в варианте непрерывных наблюдений на удалениях 0 ÷ 250 км при использовании одной многоканальной телеметрической станции, практически показали экономическую несостоятельность данного технологического

решения. Поэтому в последующем, по согласованию с Заказчиком работ - УПР по Магаданской области, глубинные сейсмические исследования на опорном профиле 2-ДВ стали проводить с вибрационным источником в варианте точечных (дифференциальных) зондирований с непрерывными и штрих-пунктирными системами наблюдений [6].

Ранее была выполнена апробация технологии региональных сейсмических работ методом ГСЗ с использованием мощного передвижного вибрационного источника и регистрацией на удалениях до 200 км в Алтае-Саянской складчатой области [1]. На опорном региональном профиле 2-ДВ в пределах Магаданской области (рис. 1) глубинные исследования с 40-тонным вибратором были проведены в производственном режиме.

Общая характеристика методики полевых работ.

Полевые работы ГСЗ с использованием непрерывных и штрих-пунктирных систем наблюдений проводили совместно Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН и ФГУП "СНИИГГиМС".

В 2002 г. в осенне-зимний период (сентябрь - октябрь) был отработан 320 километровый Южно-Магаданский участок профиля 2-ДВ (г. Магадан - п. Усть-Среднекан). На этом участке профиля, проходящем вдоль Колымской трассы, было отработано 6 пунктов возбуждения (ПВ) - постановок вибрационных источников. Южные ПВ (ПВ1 и ПВ2) и северные (ПВ5 и ПВ6) отработывались для получения данных преломленных и отраженных волн от поверхности Мохоравичича и размещались примерно через 40 км. В центральной части участка в области Армано-Вилигинского синклинария располагались ПВ3 и ПВ4 для получения информации о строении верхней части земной коры.

Экспериментальные исследования, выполненные перед началом работ, с целью изучения наблюдаемых шумов при регистрации вблизи автомобильного шоссе, показали, что необходимо устанавливать регистрирующие приборы на удалениях свыше 0,5 км от автодороги. Таким образом, можно было снизить абсолютные амплитуды шумов от движущегося транспорта более чем на два порядка при удалении от трассы на 400 - 700 м и более чем на порядок - при установке датчиков примерно в 100 м от трассы.

Пункты наблюдений располагались на расстоянии 2-3 км между автономными регистраторами Reftek (США). Многоканальные сейсмостанции СТС-24Р и "Байкал" устанавливались с шагом 10 - 30 км в специально подобранных местах и, как правило, на значительных удалениях от вибратора.

В качестве сейсмоприемников использовались вертикальные приборы СВ-5 в группе. Координаты установки группы сейсмоприемников и расстояния от вибратора определялись с использованием GPS-приемников.

В 2003 г. в летний период (июль - август) был отработан участок профиля 2-ДВ общей протяженностью 370 пог. км (п. Усть-Омчуг - р. Герба -

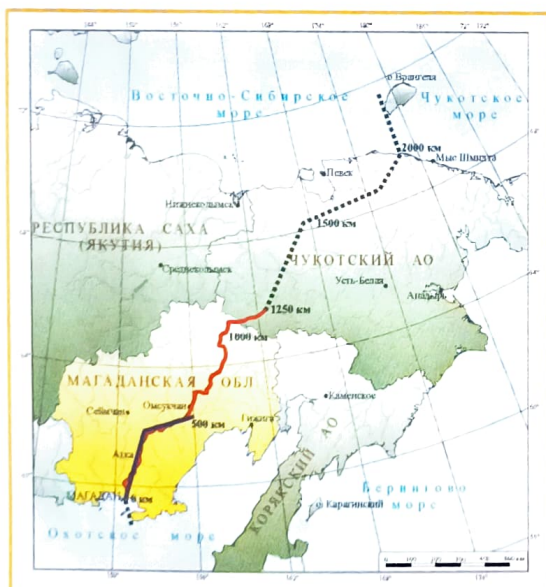


Рис. 1 Схема расположения геотраверсы 2-ДВ (п-ов Кони о. Врангеля)

Виброисточник от ГЕОСВИПа - источник Вашего успеха!



НАДЕЖНОСТЬ и КАЧЕСТВО
изделий гарантирует производитель -

ЗАО "ГЕОСВИП"



107140, Россия, г. Москва,
ул. Красносельская, д. 4
т./ф.: (095) 264-6787
E-mail: jsc.geosvip@relcom.ru



БУДЕМ РАДЫ ВИДЕТЬ ВАС В ЧИСЛЕ НАШИХ КЛИЕНТОВ!



р. Омсукая) с 8 ПВ. Схема наблюдений была несколько изменена из-за отсутствия импортных автономных одноканальных регистраторов. Применялась методика сейсмических зондирований с использованием дифференциальных многоканальных расстановок, которая позволяет выполнить корреляцию основных групп волн, используя волновые, физические и геологические признаки. Вдоль Омсукаянской трассы расстановка регистрирующих сеймостанций осуществлялась с расстояниями между регистраторами в 10 км. Расстояние между первыми пунктами наблюдения на участке г. Магадан - п. Усть-Омчуг составляло 20 км. В районе Баханчичских гор из-за отсутствия дорог не удалось организовать точку регистрации и поэтому здесь расстояние между пунктами регистрации составило несколько более 40 км.

Вибрационный источник сейсмических колебаний для региональных исследований ГСЗ.

В качестве источника был использован мощный 40-тонный передвижной вибратор ЦВП-40 (рис. 2), разработанный на основе дебалансной схемы в Сибирском отделении РАН. Этапы создания мощных контролируемых сейсмических излучателей (вибраторов), становления и развития вибрационных геотехнологий подробно изложены в монографии [4], подготовленной авторским коллективом (А.С. Алексеев, И.С. Чичинин, Б.М. Глинский, А.Ф. Еманов, В.Н. Кашун, В.В. Ковалевский, В.С. Селезнев, В.М. Соловьев, В.И. Юшин и др.).



Рис. 2 Передвижной 40-тонный вибратор дебалансного типа ЦВП-40

Передвижной вибратор ЦВП-40 с пиковой амплитудой силы воздействия, равной 400 кН, позволяет получить кондиционные сейсмические данные, сравнимые с взрывными сейсмограммами, на значительных удалениях до 250 - 300 км от источника. Блочная сборно-разборная конструкция вибраторов обеспечивает достаточную технологичность их транспортировки. Перевозка осуществляется автомашинами типа КАМАЗ или КРАЗ, погрузка оборудования проводится с использованием автокрана. Демонтаж оборудования и монтаж на новом месте занимает около 5 часов (без учета времени перевозки).

При отработке Южно-Магаданского участка длительность вибросейсмических сеансов составляла около 50 минут, частотный диапазон управляющего сигнала вибратора находился в интервале 7.031 - 10.547 Гц. Выполнялось накопление отдельных сеансов (от 2-3 до 10-12) для уменьшения шумовых помех. По этой же причине рабочий сеанс виброндирования проводился в ночное время суток.

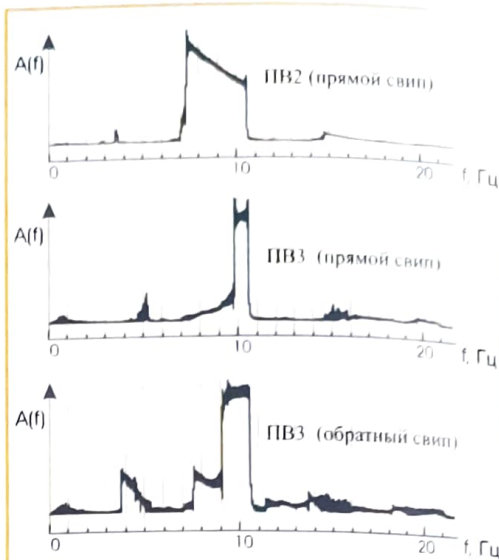


Рис. 3 Амплитудные спектры зондирующего сигнала вибратора в ближней зоне (2002 г.)

Помимо повышенного фона помех, обусловленного близким расположением трассы, качество полевого материала существенно зависит от спектра зондирующего сигнала вибрационного источника. Известно в частности, что на жестких грунтах спектр зондирующего сигнала может резко сужаться - становится крайне узкополосным. Это является закономерным следствием резонансной системы возбуждения упругих колебаний мощными дебалансными вибраторами [4]. Применение обратного свипа - сигнала с убывающей частотой или разверткой вниз (down-sweep-signal) позволило расширить полосу частот вибрационного сигнала излучения на жестких породах (рис. 3) и увеличить разрешенность полевых записей в дальней зоне.

При проведении работ в 2003 г. был учтен опыт работ на Южно-Магаданском участке. Прежде всего, был несколько расширен в сторону высоких частот спектр управляющего сигнала излучения вибратора (7.519-11.035 Гц), так как при интерпретации полевого материала 2002 г. было определено, что видимые частоты основных групп опорных волн близки к диапазону частот 7 - 11 Гц. Были выполнены некоторые технические усовершенствования вибратора, введены специальные конструкции анкеров для крепления вибратора с грунтом и др.

Регистрирующая аппаратура сейсмических данных при глубинных исследованиях с вибратором.

В качестве регистрирующей аппаратуры сейсмических данных при выполнении глубинных региональных исследований на опорном геофизическом профиле применялись в основном отечественные станции:

- шестиканальные сейсмологические станции "Байкал" (разработка Геофизической Службы СО РАН и Института лазерной физики СО РАН);
- многоканальная телеметрическая сейсмическая система CTC-24P (разработка ФГУП "СНИИГГиМС", [5]) в варианте из нескольких (до 5) пространственно распределенных мобильных станций APC (до 60 каналов) и синхронизированных через спутниковую систему GPS сигналами точного времени;
- трехканальные сейсмологические станции "Дельта-Геон" (разработка Центра ГЕОН им.

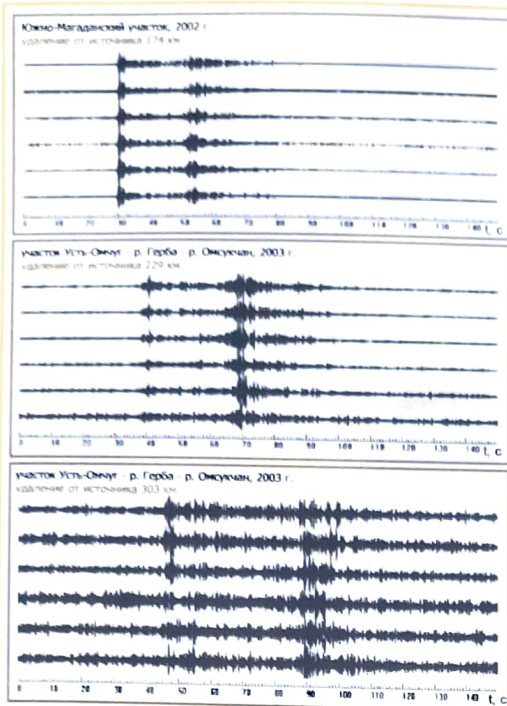


Рис. 4 Коррелограммы, полученные с 40-тонным вибратором. Регистрация станцией СТС-24Р

В.В. Федынского).

При отработке первых четырех ПВ на Южно-Магаданском участке профиля использовались специализированные одноканальные автономные регистраторы Reftek (США) в количестве 150 штук.

Основные технические характеристики станций "Байкал", СТС-24Р, Reftek приведены ниже в таблице. Базовые технические характеристики сейсмологических станций "Байкал" и "Дельта-Геон" практически совпадают [7].

Отечественная регистрирующая аппаратура (станции СТС-24Р и "Байкал") устанавливались, как правило, на самых больших удалениях до 250

- 300 км для получения на непрерывных многоканальных расстановках "опорных" данных преломленных и отраженных волн от поверхности Мохоровичича.

Качество полученного полевого материала можно оценить как хорошее, на коррелограммах уверенно выделяются волны в первых вступлениях от границ в верхней части земной коры (осадочного чехла), поверхности кристаллических пород и поверхности Мохоровичича (рис. 4).

Результаты промышленной апробации технологии региональных исследований методом ГСЗ с вибрационным источником

Реализованная система наблюдений была достаточной для прослеживания опорных волн от границ в земной коре и поверхности Мохоровичича и решения поставленных геологических задач. По результатам анализа кинематических и динамических характеристик продольных волн на опорном профиле 2-ДВ с использованием данных региональных работ ГСЗ со взрывами 1959 и 2001 гг. были выделены опорные волны (продольные преломленные (рефрагированные) волны из верхней, средней и нижней частей земной коры; продольные преломленные и отраженные волны от поверхности Мохоровичича; отраженные волны от границы в верхней мантии) и выполнена интерпретация с построением глубинного разреза [2].

Интерпретация волн в первых вступлениях проводилась способом сейсмической томографии на временных задержках рефрагированных волн. В качестве интерпретационной модели была выбрана непрерывная двухмерная неоднородная модель среды с нарастанием скорости с глубиной, допускающая наличие прерывистых волноводных включений. Наряду с интерпретацией по способу двумерной сейсмической томографии была выполнена стандартная интерпретация данных преломленных и отраженных волн от поверхности Мохоровичича. Обобщенный глубинный сейсмический разрез на геотраверсе 2-ДВ (в пределах Магаданской обл.), построенный по материалам ГСЗ, приведен на рис. 5. Основанием разреза

Таблица 1. Основные технические характеристики регистрирующей аппаратуры при работах ГСЗ

Параметры	"БАЙКАЛ - 15"	REFTEK - 125	СТС-24Р
Количество каналов	3	1	6 x n (n - количество регистраторов)
Количество разрядов АЦП	20	24	24
Частота дискретизации, Гц	800	25, 50, 100, 125, 200, 250, 500, 1000	62,5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000
Коэффициент нелинейных искажений - (20 Гц), %	< 0.02	-	< 0.002
Рабочая полоса (- 3 дБ), Гц	0.15 ÷ 30	1 ÷ 250	0.1 ÷ 2000
Коэффициент ослабления синфазных помех, дБ	> 110	> 70	110
Шум, приведенный ко входу (0.15 - 20 Гц), мкВ (эфф.)	< 0.08	-	< 0.1
Напряжение питания, В	9 - 15	3	12
Потребляемая мощность, Вт	< 3	0,375	2,5 на 6-канальный регистратор
Диапазон рабочих температур, °С	-35 ÷ +65	-40 ÷ +60	-40 ÷ +60
Длина линии связи, м	до 1500	автономный	330 x n, (n - количество регистраторов)





является поверхность Мохоровичича. Средняя скорость распространения сейсмических волн до нее составляет 6,3 – 6,5 км/с. Граничная скорость вдоль нее меняется от 7,7 до 8,2 км/с. Причем, наиболее низкие и пониженные значения скорости отмечаются, соответственно, в центральной части этого участка профиля и в юго-восточной. Размеры основных структурных элементов по латерали лежат в диапазоне от первых десятков до сотен километров, толщина составляет от 2 – 5 км до 30 – 55 км.

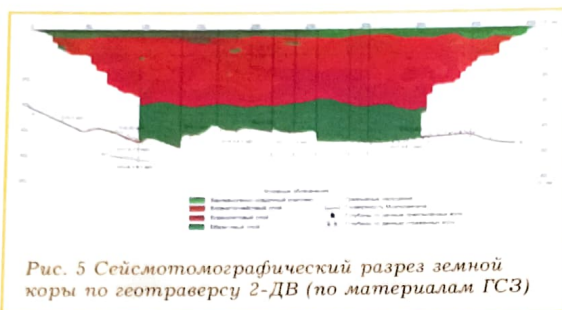


Рис. 5 Сейсмотомографический разрез земной коры по геотранверсу 2-ДВ (по материалам ГСЗ)

Основные выводы и рекомендации

Выполненные в период 2002 - 2003 гг. региональные работы методом ГСЗ в труднодоступных районах Охотско-Колымского региона показали, что применение новой технологии с мощными вибрационными источниками, мобильными и автономными регистрирующими станциями, позволяют с минимальными экологическими издержками, высокой безопасностью и снижением стоимости полевых наблюдений решать задачи, основанные на детальных глубинных сейсмических исследованиях.

Специфические климатические условия и условия строения (глубинные и орографические) района работ, а также его отдаленность определили рациональную методику полевых наблюдений, которая включает требования к параметрам систем наблюдений, условиям возбуждения сейсмических колебаний, их приема, важнейшие из них следующие:

- расстояния между ПВ.....10 - 15 км;
- расстояния между регистрирующими системами.....2-10 км;
- длина годографов.....до 300 км;
- система наблюдений.....центральная;
- тип съемки.....профильная дискретная;
- тип регистрации.....однокомпонентная и (или) трехкомпонентная;
- мгновенный динамический диапазон.....более 115 дБ;
- количество сейсмоприемников на канал.....6 - 12;
- тип группирования сейсмоприемников.....линейная /площадная;
- база группирования сейсмоприемников.....10 - 50 м;
- кратность перекрытий.....12;
- количество каналов на одной расстановке.....от 4;
- длина сейсмической расстановки.....300 - 1200 м;
- источник упругих колебаний.....вибрационный;
- пиковая сила.....400 - 600 кН;
- длительность вибросейсмических свансов.....до 60 минут;
- частотный диапазон.....3 - 30 Гц;
- количество накоплений.....4 - 6;
- установка точного времени.....по GPS

Сейсмические материалы, которые получены по методу ГСЗ, для повышения надежности результативных материалов и более полного

извлечения геологической информации целесообразно обрабатывать и интерпретировать по нескольким методикам, из которых основные следующие: метод т. метод точечных (дифференциальных) сейсмических зондирований; метод сейсмической томографии на временных задержках волн в первых вступлениях; метод ОГТ на волнах, отраженных в близ- и закритической областях. Первые два подхода требуют получение встречных взаимовязанных и нагоняющих годографов для всех целевых волн. Последний метод реализуется с использованием многократных (не менее 6) систем наблюдения. В методе сейсмической томографии требуется обеспечить регистрацию волн в первых вступлениях. На основе анализа теоретических годографов и результатов полной обработки и интерпретации сейсмических материалов определяются основные характеристики целевых преломленных волн, главными из которых, для задач глубинных исследований, являются интервалы прослеживания волн в области первых вступлений, как наиболее достоверные для уверенной их корреляции. На этой основе можно уточнить параметры системы полевых наблюдений ГСЗ и, прежде всего, расстояния между ПВ и ПП, длину годографов.

Литература

1. Детальные глубинные сейсмические исследования сейсмоопасных территорий с использованием мощных передвижных 40-тонных виброисточников. - Селезнев В.С., Еманов А.Ф., Соловьев В.М., Кашун В.Н., Сальников А.С., Сагайдачная О.М. / Проблемы региональной геофизики: Материалы геофизической конференции - Новосибирск: ООО "Типография Сибири", 2001.
2. Глубинное строение юго-западной части Охотско-Чукотского региона по результатам вибросейсмических исследований с мощными передвижными вибраторами. - Соловьев В.М., Селезнев В.С., Еманов А.Ф., Сальников А.С., Фельдман Л.Л., Кашун В.Н., Кузнецов В.Л., Марков В.М., Данилов И.А., Жемчугова И.В. /Проблемы сейсмологии III-го тысячелетия: Материалы международной конференции - Новосибирск: Издательство СО РАН, 2003.
3. Липилин А.В., Никитин А.А., Черемисина Е.Н. Проблемы комплексной интерпретации геофизических данных по региональным профилям и пути их решения. /Геофизика, 2002, 4.
4. Новые геотехнологии и комплексные геофизические методы изучения внутренней структуры и динамики геосфер. Вибрационные геотехнологии. /Под ред. Лаверова Н.П. М.: Региональная общественная организация ученых по проблемам прикладной геофизики, 2002.
5. Отечественная многоканальная телеметрическая станция СТС-24Р для сейсмических исследований. - Сагайдачная О.М., Мальцев А.И., Птицына Т.С. Сагайдачная А.В., Сальников А.С., Шмыков А.Н. /Геофизический вестник ЕАГО, 2002, 10.
6. Пузырев Н.Н., Крылов С.В., Потапов С.В. Точечные сейсмические зондирования. /Методика сейсмозвездки. М: Наука, 1965
7. Солодилов Л.Н., Селезнев В.С., Еманов А.Ф., Ясюлевич Н.И., Семейкин Н.П., Аппаратурно-технический комплекс для ГСЗ и совместной сети сейсмологических наблюдений и вибросейсмического мониторинга. /Разведка и охрана недр, 1995. 5.