

УДК 550.834

А.Н.ТЕЛЕГИН, И.М.ТИХОНОВА,
Л.И.ПЛАТОНОВА

ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ МОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОКРАТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА РУДНОМ АЛТАЕ

Сейсморазведочные работы МОВ, проведенные в Лениногорском и Березовско-Белоусовском районах Рудного Алтая в 1985-1986 гг., явились первым опытом многократного профилирования в этом регионе. В статье рассмотрены особенности методики полевых работ и графа обрабатывающих процедур применительно к сейсмогеологическим условиям Лениногорского рудного поля.

В геологическом строении исследуемого района принимают участие эффузивно-осадочные и метаморфизованные породы нижнего и среднего палеозоя, перекрытые четвертичными, преимущественно валунно-галечниковыми, отложениями переменной мощности (от 5 до 400 м). Породы палеозоя слагают пологие брахиформные структуры, разбитые системой разломов. Положительные структуры, с которыми связаны рудные залежи, в сводовых частях насыщены многочисленными интрузиями. Особенности литологического состава пород и тектонического строения определяют район как неблагоприятный для сейсмических исследований. Глубинные сейсмогеологические условия характеризуются высокими скоростями распространения упругих волн в породах, слабыми отражающими свойствами палеозойского разреза, отсутствием протяженных границ, трехмерным строением среды.

Верхняя часть разреза (валунно-галечниковые отложения) отличается изменчивой мощностью и сложным строением — наличием зон малых и пониженных скоростей (ЗМС и ЗПС соответственно). Подошва верхней части разреза (поверхность палеозойских пород) имеет сложную форму и является резкой скоростной границей, что существенно ограничивает эффективность сейсморазведки, так как требует регистрации большого количества волн-помех и усложняет определение статических поправок за поверхностные неоднородности. Бурение взрывных скважин в валунно-галечниковых отложениях затруднено, и в качестве сейсмического источника использовался вибратор СВ-5-150. В ЗМС образуются в основном низкоскоростные волны-помехи с кажущимися скоростями 400-1200 м/с. С ЗПС связано образование среднескоростных помех, к которым относятся преломленные и отраженно-преломленные волны со скоростями от 2000 до 5000-6000 м/с. Кроме перечисленных волн-помех могут присутствовать звуковые, поперечные и обменные волны, образующиеся в ЗМС и ЗПС, а также боковые волны, обусловленные неоднородностями в верхней части разреза и верхних горизонтах коренных пород.

Обилие и разнообразие волн-помех в сочетании со слабо отражающими свойствами глубинного разреза и сложным тектоническим строением района работ приводит к необходимости применения интерференционных систем как на этапе полевых работ, так и при обработке материалов. При проведении опытных полевых работ необходимо определить следующие компоненты методики: систему наблюдений, параметры источника возбуждений, параметры интерференционных систем при возбуждении и приеме упругих колебаний.

Сложное пространственное строение изучаемой площади требует использования площадных наблюдений с равномерным шагом. Однако для осуществления площадной системы необходимо иметь многоканальные сейсмостанции, мощные мобильные источники и специальный комплекс обрабатывающих программ. Поэтому на данном этапе работ пришлось ограничиться профильными наблюдениями.

Эффективность системы многократных наблюдений зависит от ее параметров: шага изучения разреза, размера базы наблюдений, ее положения относительно источника и кратности прослеживания отражающих границ.

Шаг изучения разреза определяется минимальным расстоянием между каналами или источниками. Чтобы обеспечить на сейсмограммах фазовую корреляцию волн с кажущимися скоростями не менее 5000 м/с при допустимом смещении волны между соседними каналами на $1/4$ преобладающего периода колебаний (50 Гц), расстояние между ними не должно превышать 25 м. Это расстояние и было принято за рабочее, хотя, если бы не ограничение канальности сейсмостанции, его следовало бы уменьшить до 10-15 м.

База наблюдения определяется максимальным и минимальным удалениями источник - приемник. Величина максимального удаления наряду со скоростями законом обуславливает возможности системы по разделению регулярных волн. Обычно считают, что для уверенного выделения полезных (однократных) волн, максимальное удаление источник - приемник должно быть примерно равно максимальной глубине изучения разреза. Минимальное удаление (вынос) определяется необходимостью исключить из регистрации вблизи источника очень сильные поверхностные волны, что в особенности важно при использовании источников наземного типа. С другой стороны, при работе с большим выносом происходит потеря мелких отражающих горизонтов, представляющих интерес при изучении геологического строения. По результатам анализа волновой картины оптимальная величина выноса выбрана в пределах 100-200 м.

Важным элементом системы наблюдений является кратность профилирования - количество записей в сейсмограммах общей глубинной точки (ОГТ). Увеличение кратности улучшает характеристику направленности системы наблюдений, повышает интенсивность слабых отраженных волн. При проведении работ использовалась кратность 24.

Таким образом, выбранные параметры определили систему наблюдений как центральную, с 24-кратным профилированием на базе 2400 м, с выносом 200 м и максимальным удалением источник - приемник 1400 м.

В качестве источника возбуждений использовалась группа вибраторов СВ-5-150, параметры которой выбраны в процессе опытных работ: база

группы 70 м, количество возбуждений 15, длительность свипа 10 с, частотный диапазон опорного сигнала 30-100 Гц (35-100 Гц). Выбор нижней границы свип-сигнала ограничен регистрацией интенсивных поверхностных волн, а верхней - техническими возможностями вибратора. Опытные работы показали, что для улучшения соотношения сигнал-помеха опорный сигнал должен быть ограничен со стороны низких частот уровнем 35-40 Гц.

При применении поверхностных источников возбуждения свыше 90 % энергии уходит на образование волн-помех, регистрируемых в широком диапазоне кажущихся скоростей. Высокоскоростные волны-помехи ослабляются выбором параметров системы многократных наблюдений, среднескоростные - при обработке материалов на ЭВМ, а низкоскоростные - с помощью группирования источников и приемников. Оптимальными приняты равномерные группы источников (15 возбуждений на базе 70 м) и приемников (18 приборов на базе 50 м). Выбранная группа сейсмоприемников ослабляет волны-помехи в диапазоне кажущихся скоростей 300-1500 м/с, а группа вибраторов в диапазоне 600-2100 м/с. Волны с кажущимися скоростями 7000 м/с и более суммируются синфазно в пределах всей полосы частот вибратора; в пределах скоростей 2100-7000 м/с происходит незначительное ослабление волн. Необычным при группировании источников является накопление виброграмм до их корреляции, что предъявляет жесткие требования к идентичности вибраторов.

Таким образом, в процессе опытных работ были оптимизированы основные параметры группирования, что позволило ослабить низкоскоростные волны-помехи и создать предпосылки для эффективной обработки сейсмических записей.

На основе опытной обработки полученных сейсмических материалов была выбрана следующая последовательность процедур: автоматическая регулировка усиления (АРУ) к исходным записям, подавляющая когерентная фильтрация, обратная фильтрация, суммирование по ОПТ, когерентная фильтрация, направленная на выделение отраженных волн; построение динамических глубинных разрезов (миграция).

В нефтяной сейсморазведке процедура АРУ к исходным записям практически не применяется, так как в дальнейшем амплитудные соотношения волн используются для решения задач прогнозирования геологического разреза. В нашем случае прежде всего было необходимо решать структурные вопросы, выравнять интенсивности отдельных трасс с тем, чтобы повысить эффективность применения интерференционных систем.

Для ослабления основной группы помех, которая представлена среднескоростными отраженно-преломленными волнами, в рамках системы СЦС-3 имеются две возможности: вычитание помех (программы SUBCON и SUBTRA) и подавляющая когерентная фильтрация (REFIL). Программы применяются к исходным сейсмическим записям после ввода статических поправок. Более эффективным оказалось применение когерентной фильтрации; подавление регулярных волн осуществлялось в диапазоне кажущихся скоростей 3500-5000 м/с. Исходные записи и временные разрезы заметно очищаются, особенно на малых временах, причем, в отличие от результатов вычитания, целевые отраженные волны не искажаются. Для повышения разрешенности сейсмических записей и устранения многофазности

сигналов к исходным записям применялась обратная фильтрация. Важно отметить, что ее рекомендуется выполнять после подавления среднескоростных помех, так как в этом случае настройка фильтра происходит по полезным сигналам.

Следующим этапом обработки было суммирование по ОГТ. Априорные статистические поправки определялись по результатам изучения ЗМС методом первых ступеней, при этом учитывались временные сдвиги только в ЗМС, хотя не меньшее влияние на величину поправок оказывает ЗПС, параметры которой (мощность и скоростной разрез) остались неизученными. Попытки коррекции статистических поправок успеха не имели. Коррекция кинематических поправок выполнялась по переборам временных разрезов ОГТ. Выявлено увеличение скоростей ОГТ в южной и северной частях профиля по сравнению с центральной. Для повышения регулярности суммарного разреза использовалась когерентная фильтрация (программа AMCODES), направленная на выделение волн с кажущимися скоростями выше 6000 м/с.

По временным разрезам ОГТ выполнялось построение динамических глубинных разрезов с использованием преобразования Кирхгофа. Применение миграции как обязательного этапа обработки необходимо по целому ряду причин. Геологический разрез содержит большое количество неоднородностей, которые могут служить объектами дифракции. В процессе миграции дифрагированные волны концентрируются в объектах дифракции, и сейсмические разрезы несколько очищаются - улучшается прослеживание отраженных волн. Кроме того, в процессе построения динамического глубинного разреза осуществляется учет сейсмического сноса отраженных волн. Важным является представление динамических глубинных разрезов в линейном масштабе глубин. В этом случае упрощается геологическая интерпретация полученных результатов и их сопоставление с другими геологическими материалами, в частности с данными бурения.

Усложнение методики полевых работ и расширение графа обработки материалов позволило выделить отражающие площадки на результативных разрезах. Для Лениногорского участка характерно относительно пологое залегание отражающих границ. Длина площадок не превышает 600 м. Области прерывания корреляции трактуются как дизъюнктивные нарушения различного типа, что соответствует общим представлениям о геологическом строении площади. На профиле отмечено общее погружение площадок в северо-западном направлении и отчетливо выделяется Северный надвиг по отражающему горизонту, обусловленному его сместителем.

Представляется полезным использование результатов сейсморазведки (динамических глубинных разрезов) в качестве основы для структурных построений по данным бурения. При этом должно происходить обобщенное уточнение результатов: для сейсморазведки - привязка и оценка отражающих площадок, для бурения - определение поведения границ в межскважинном пространстве.