Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXXIX, 1981 г.

УДК 550.834

МЕТОДИКА СЕЙСМИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ НИКЕЛЕНОСНЫХ МАССИВОВ ПЕЧЕНГИ

Ю.Г.ШОПИН

Опыт применения сейсмических исследований в Печенгском рудном районе позволил в последние годы перейти к решению геологических задач, непосредственно связанных с поисками медно-никелевых месторождений. Геологическими работами установлено, что эти месторождения почти повсеместно связаны пространственно и генетически с дифференцированными массивами ультраосновного и реже основного состава, расположенными в вулканогенно-осадочных породах (филлиты, алевролиты, песчаники, туфы и др.). Поэтому основной задачей сейсморазведки явилось детальное расчленение продуктивной филлитовой толщи и выделение в ней контактов никеленосных массивов на больших (до 3 км) глубинах.

Исследуемые массивы имеют форму линз или пластообразных тел мощностью от нескольких десятков метров до 300-500 м с преобладающей мощностью 50-100 м. Согласно с вмещающими породами массивы моноклинально погружаются в южном направлении под углами наклона 50-80°, постепенно выполаживаясь на больших глубинах до 30-40°. Нередко массивы залегают в двух или трех ярусах, друг над другом в виде пластовых тел различной мощности, расположенных кулисообразно.

Массивы ультраосновных и основных пород отличаются от вмещающей толщи вулканогенно-осадочных пород высокими значениями упругих параметров [2, 8]. В большинстве случаев скорости упругих волн в массивах располагаются в довольно узком диапазоне значений (6,5-7 км/с). Для вулканогенно-осадочных пород характерны более низкие значения скорости упругих волн (4-6,5 км/с), что обуславливает существенные перепады скорости на контактах массивов. Последнее является благоприятным условием для образования на этих контактах интенсивных отраженных волн. Наибольшей выразительностью обладают отраженные волны от тектонизированных контактов дифференцированных массивов. Кроме этого, отражающими границами в исследуемом разрезе могут быть многочисленные контакты литологических горизонтов и крупные зоны тектонических нарушений [8].

Волновые поля, наблюдаемые в скважинах и на дневной поверхности, характеризуются насыщенностью регулярными волнами с короткими и разнонаправленными осями синфазности. Следует подчеркнуть, что волновая картина заметно усложняется присутствием отраженных волн не только продольного, но и поперечного (и обменного) типа. Заметны на сейсмических записях также проходящие поперечные и обменные волны, которые могут существенно осложнить корреляцию полезного сигнала.

Несмотря на высокий фон большого количества регулярных волн с короткими осями синфазности, на сейсмограммах намечаются устойчивые группы отражений, часть из которых соответствует контактам крупных массивов основных и ультраосновных пород (рис.I). Благодаря выдержанности кинематических и динамических свойств, эти группы отраженных волн прослеживаются не только на системе нагоняющих линейных годографов, но и по сети продольных и поперечных профилей. Наземные наблюдения методом отраженных волн (МОВ) дополнялись скважинными исследованиями методом вертикального сейсмического профилирования (ВСП). Вследствие избирательности каждой из этих систем удается наиболее полно осветить границы любой конфигурации, поскольку при МОВ лучше прослеживаются отражающие элементы с наклоном близким к горизонтали, а при ВСП – к вертикали [4, 9.].

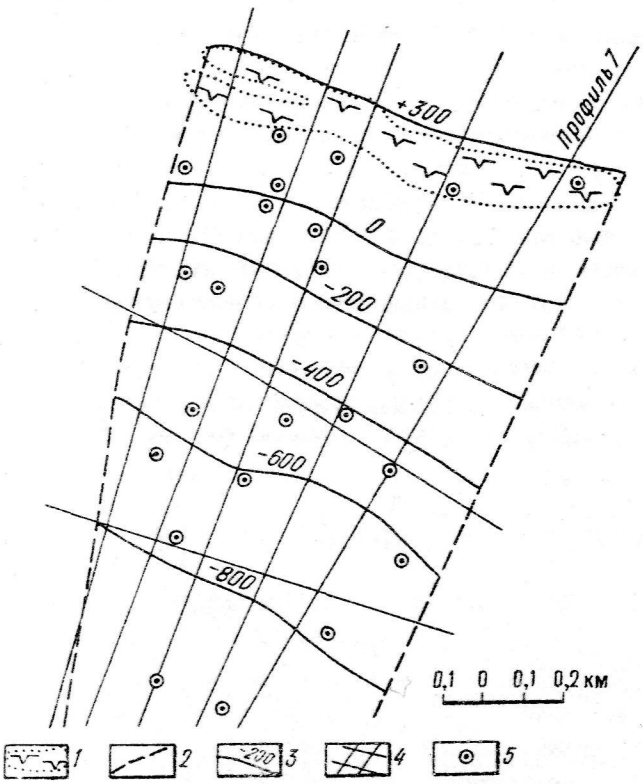


Рис.1. Схема изогипс отражающей поверхности, соответствующей подошве никеленосного массива
1 – контур выхода интрузивных пород на дневную поверхность; 2 – боковой контакт массива; 3 – изогипсы отражающей поверхности в метрах; 4 – система продольных и поперечных профилей МОВ; 5 – скважина

Наземные наблюдения МОВ проводились по сети замкнутых контуров, состоящих из продольных (проходящих вкрест простирания пород) и поперечных профилей. Северные концы каждого профиля пересекают выходы на дневную поверхность интрузивных пород, а основная часть профилей находится в области их погружения. Схема расположения профилей и размещение на них пунктов взрыва рассчитана, исходя из размеров и глубины залегания исследуемых массивов. Если ширина пластообразного массива около I000 м, то в пределах выхода массива размещалось 6–8 продольных

профилей с интервалом 100-200 м, расположенных в виде веера, исходящего из наиболее удаленного к югу выносного пункта взрыва, который использовался для получения поверхностного годографа. Пространственный годограф получали еще из одного-двух таких же выносных пунктов взрыва.

Кроме двух-трех поверхностных годографов на каждом продольном профиле получали также полную систему годографов из трех-четырех пунктов взрыва. Такая детальная система наблюдений на продольном профиле рассчитана на многократное прослеживание одного и того же элемента сейсмической границы и эффективна при изучении сложных волновых полей, какие приходится наблюдать в рудных районах. Наряду с регистрацией вертикальной составляющей волнового поля, на некоторых участках продольных профилей дополнительно проводились трехкомпонентные и азимутальные наблюдения, данные которых имеют большое значение при определении природы регистрируемых волн [5].

Для выделения на сейсмических записях отраженных волн, соответствующих искомым массивам, необходима точная (фазовая) привязка опорных групп отражений по корреляционно увязанным горизонтальным и вертикальным годографам, полученным при наблюдениях из общих пунктов взрыва МОВ и ВСП [1, 3]. К сожалению, при комбинированных системах не всегда удается получить идентичный материал и обеспечить привязку волн с точностью до одной-двух фаз.

Геологическая природа волн определялась также с помощью сопоставления подходов отражений, соответствующих области выхода на дневную поверхность крутопадающего контакта массивов к первым вступлениям записи. Из всей серии привязок волн к массивам выбирались наиболее надежные, ставшие основой для проведения непрерывной фазовой корреляции опорных волн в пределах системы наземных профилей. В целом можно считать, что указанный комплекс полевых наблюдений обеспечивает материал для детальных сейсмических построений в масштабе 1:10 000.

Получение в этом масштабе необходимой точности (3-5 %) определения конфигурации массивов во многом зависит от того, насколько обеспечена фазовая корреляция опорных отражений на всех профилях. Поэтому растет роль машинных способов обработки, позволяющих расчленить волновое поле на отдельные составляющие и повысить надежность определения типа и природы регистрируемых волн.

Для анализа волновых полей наиболее успешно используются машинные способы обработки, выполняемые в аналоговом или цифровом вариантах. Способы частотной и веерной фильтрации, определение спектрального состава позволяют улучшить корреляцию опорных отраженных волн за счет подавления помех и большей разрешенности записи полезного сигнала. Задача корреляции несколько облегчается тем, что исследуемые массивы имеют согласное залегание и относительно выдержанные параметры. Для меняющейся интенсивности отдельных фаз в сложной группе волн возможен переход корреляции на другие, более интенсивные фазы. Степень надежности фазовой корреляции волн отмечается на соответствующих отрезках линейных и поверхностных годографов отраженных волн и впоследствии учитывается при определении надежности сейсмических построений.

Определение координат отражающих элементов по линейным и поверхностным годографам опорных групп отражений проводилось с учетом особенностей скоростного разреза исследуемых пород [7]. Верхняя неоднородная часть скоростного разреза учитывалась введением поправок за зону малых (пониженных) скоростей с использованием системы прямых и встречных годографов слабореfрагированных волн на продольных профилях [6]. Наряду со статическими вводились и динамические поправки, что обеспечило постоянный уровень интенсивности опорных групп отраженных волн.

На точность определения положения контактов массивов заметно влияет преломление на промежуточной границе, соответствующей кровле продуктивной толщи, где происходит резкий скачок значений упругих параметров. Для учета преломления на промежуточной границе использованы лучевые диаграммы для продуктивной филлитовой толщи и вышележащих вулканогенно-осадочных пород. Составленные по данным сейсмического каротажа большого количества скважин глубиной до I км с учетом определений значений скорости по годографам слабореfрагированных волн лучевые диаграммы позволили существенно уменьшить погрешность определения глубин залегания никеленосных массивов.

Надежность сейсмических построений повышается также за счет перекрытия в разрезе отражающих площадок, полученных по системе нагоняющих годографов, и дополняются результатами обработки материалов вертикального сейсмического профилирования [9]. Сопоставление сейсмических и геологических границ позволило установить сравнительно небольшие расхождения в глубинах (30-50 м) и величинах наклона (не больше нескольких градусов).

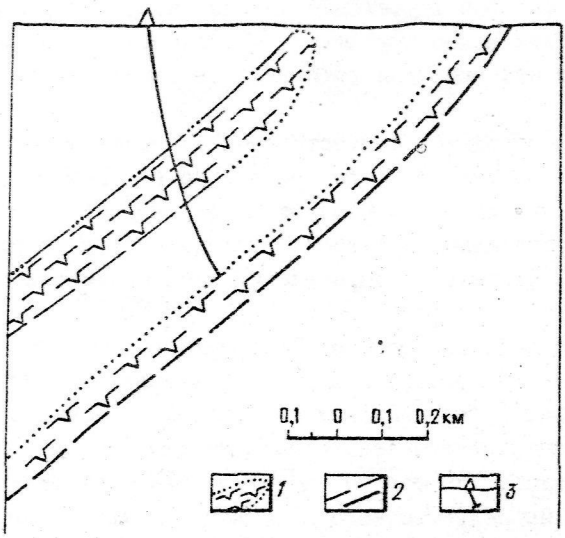


Рис.2. Прослеживание контактов массива по отражающим площадкам в разрезе профиля 7
1 - никеленосные массивы; 2 - отражающие границы, связанные с контактами пород ультраосновного состава; 3 - скважина

Повсеместное прослеживание по всей системе продольных и поперечных профилей контактов никеленосных массивов, мощность которых составляет около 100-200 м, позволило уточнить представление об их пространственной структуре (рис.I, 2). Используя сейсмические разрезы серии продольных профилей и карты векторов, построены изогипсы отражающих поверхностей, соответствующих кровле и подошве массивов. С учетом погрешности определения отражающих элементов сечения изогипс даны через 200 м (см. рис.I). Положение боковых контактов массивов установлено по прекращению корреляции опорных групп отраженных волн на поперечных профилях.

Несмотря на благоприятные условия получения непрерывной корреляции отраженных волн от контактов массивов, сейсмические границы часто оказывались осложненными разрывной тектоникой. Наибольшее распространение имеют зоны тектонических нарушений слабонаклонные или крутопадающие, которые могут быть зафиксированы при наземных или при скважинных сейсмических исследованиях [I, 3, 9].

Детальные исследования разных по геологическому строению и условиям залегания массивов ультраосновных пород позволяют определить возможности сейсморазведки при изучении пространственных элементов. Наиболее полная информация о последних может быть получена для крупных интрузивных тел типа массива Райсоайви пластообразной формы. На схеме отражающих поверхностей, соответствующих кровле и подошве массива, отмечается выдержанность его мощности и относительно плавное изменение углов наклона в пределах всего диапазона глубин исследований.

Если в верхней части разреза массив разбит системой вертикальных нарушений, то на больших глубинах (больше I км) заметных изменений в деформации поверхности массива не наблюдается. Возможно, что это свидетельствует, прежде всего, о недостаточной точности наблюдений МОВ, при которой относительная погрешность определения глубин значительно больше, чем величина изменений рельефа поверхности массива.

К благоприятным объектам исследований относятся также маломощные массивы, интенсивно измененные вторичными процессами. В этом случае скоростная модель контактов массивов представляется в виде пачки тонких слоев, резко дифференцированных по упругим свойствам. Как известно, такие пачки слоев являются источниками интенсивных отраженных волн, прослеживаемых на больших расстояниях. К такому типу относится никеленосный массив „Спутник", залегающий в подошве филлитовой толщи на больших глубинах. Построенная по комплексу сейсмических данных схема отражающей поверхности позволила выявить структуру массива от глубин вскрытых поисково-разведочными скважинами (0,5–I км) до глубины около 3 км и тем самым расширить перспективы поисков медно-никелевых месторождений.

Более сложной задачей является изучение массивов, состоящих из линзовидных тел небольших размеров и мощности, скрытых на глубине или выходящих на дневную поверхность. Расположенные на небольших глубинах (до I км), эти тела характеризуются криволинейной формой контактов с резкими изменениями углов наклона в пределах небольших интервалов глубин. Большинство массивов разбито на отдельные блоки системами крутопадающих разломов. Все это существенно осложняет получение достоверных данных об их строении.

В заключение отметим, что результаты сейсмических исследований в Печенгском районе свидетельствуют о возможности получения данных о структуре и условий залегания никеленосных массивов не только в разрезах продольных профилей, но и путем построения схем отражающих поверхностей. Последнее открывает большие перспективы применения метода сейсморазведки в масштабе I:I0 000 и крупнее на этапе поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лизинский М.Д. Годографы отраженных волн от крутых границ при сейсмических наблюдениях в скважинах. – Зап. ЛГИ, 1971, т. 61, вып. 2.

2. Лизинский М.Д. Скорости продольных волн в образцах горных пород Печенгского района. – В кн.: Методы разведочной геофизики. Л., Недра, 1973. Вып. 18.

3. Лизинский М.Д. Определение природы сейсмических волн с помощью комбинированных систем наземных и скважинных наблюдений. – Зап. ЛГИ, 1976, т. 69, вып. 2.

4. Литвиненко И.В. Методика изучения сейсморазведкой сложных отруктур верхней части консолидированной коры материков. – Зап. ЛГИ, 1971, т. 69, вып. 2.

5. Литвиненко Е.Р., Лизинский М.Д. Особенности применения азимутальных наблюдений в условиях Печенгского района. – Зап. ЛГИ, 1978, т. 76.

6. Меламуд М.Е. Учет статистических поправок при сейсморазведке в Печенгском районе. – Зап. ЛГИ, 1971, т. 61, вып. 2.

7. О точности построения отражающих границ в разрезах Печенгского района / И.В. Литвиненко, А.Л. Ливанцова, М.Д. Лизинский, М.Е. Меламуд. – Зап. ЛГИ, 1974, т. 66, вып. 2.

8. Сейсморазведка при изучении никеленосных ультраосновных массивов Печенгского района / Ю.Г. Шопин, Т.Б. Гавловская, Н.Н. Осокин, Е.Р. Литвиненко, В.А. Тарасов. – Разведка и охрана недр, 1974, № 9.

9. Шопин Ю.Г., Литвиненко Е.Р. Определение положения отражающих границ в околоскважинном пространстве по данным вертикального сейсмического профилирования. – Зап. ЛГИ, 1976, т. 69, вып. 2.