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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАНИЧНОЙ СКОРОСТИ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ ПЕЧЕНГСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Т.Л.ПИСАКИНА

При обработке первых вступлений, зарегистрированных во время изучения Печенгского рудного поля методом отраженных волн (МОВ), была исследована принципиальная возможность использования скорости упругих волн для геологического картирования рудного поля в связи с тем, что данные других методов (магниторазведка, электроразведка, бурение) не всегда достаточны для надежного решения этой задачи.

Основная часть Печенгского рудного поля - продуктивная толща, вмещающая никеленосные интрузивы, - характеризуется мелкоритмичным строением флишевого типа, сложена преимущественно туфогенно-осадочными породами. Приуроченные к ней интрузивы представлены габбро-диабазами и дифференцированными и недифференцированными массивами основных и ультраосновных пород. Мощность интрузий от 10-15 до 150-200 м. Продуктивная толща подстилается и перекрывается согласно залегающими вулканогенными толщами. Породы погружаются под углом 40-50°.

Первые вступления обработаны на 65 профилях детальных работ МОВ общей протяженностью около 150 км. Использованы материалы систем встречных и нагоняющих годографов, близких к двукратному прослеживанию границ. Взрывной интервал 1-6 км, расстояние между приборами на профиле 12,5 м.

Скоростная модель среды изучалась путем обобщения данных о кинематике первых волн с целью изучения рефракции и анизотропии скорости в верхней части разреза. В соответствии с построенной ранее схематической скоростной моделью Печенгской структуры [3] результаты наблюдений обрабатывались отдельно для каждой из двух толщ: продуктивной и надпродуктивной вулканогенной.

Профили наблюдений различных азимутов представлялись в системе координат, началом которой является пункт взрыва, а оси соответствуют направлениям простирания и падения пород. Области первых вступлений нанесены в этой системе на соответствующих удалениях от источника [2]. Использовались те участки профилей, для которых пункты взрыва и приема находились

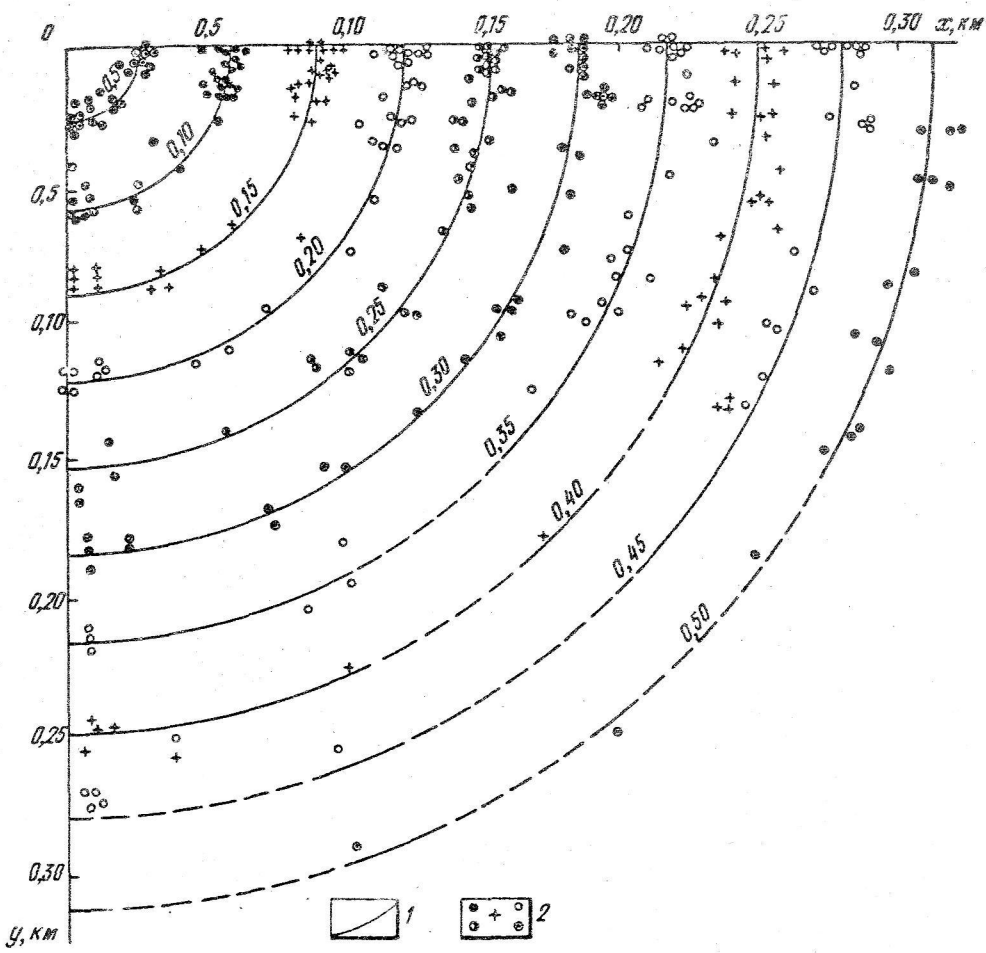


Рис.1. Диаграмма изохрон первых вступлений для пород вулканогенной толщи
1 - изохроны в секундах; 2 - точки регистрации вступлений

в пределах одной толщи. Рассматривались как продольные, так и непродольные наблюдения.

Области первых вступлений осреднены изохронами. Сечение изохрон, равное 0,05 с, выбиралось с учетом разброса точек (рис.I). Изохроны представляют собой дуги концентрических окружностей. Это свидетельствует об отсутствии анизотропии скорости продольных волн в верхней части разреза. Расстояния между соседними изохронами равны. Исключением является уменьшенный радиус ближайшей к началу координат изохроны. Это указывает на рефракцию волн в верхней части разреза и позволяет считать, что на удалении более 0,3 км от пункта взрыва первые волны по кинематике близки к головной и могут быть использованы для вычисления граничной скорости. Полученные диаграммы хорошо согласуются с диаграммами изохрон, построенными для вертикального сейсмического профилирования соответствующих толщ района (по данным ВСП) [2]. При совместном использовании этих диаграмм детализируется верхняя часть разреза с вертикальным градиентом скорости продольных волн.

На участках регистрации головных волн граничная скорость определялась по разностному годографу, причем в большинстве случаев в соответствии с системами наблюдений многократно. При этом оказалось необходимым преодолеть затруднения, связанные с ограниченной точностью локализации контактов пород. Ограничение связано с установленной ранее [3] слабой дифференциацией разреза по скорости, приводящей к случайной погрешности величиной в несколько сотен метров [1]. В связи с этим при обработке разностного годографа исключались так называемые аномальные участки. Аномальными с учетом стандартной ошибки разностного годографа (около 2 мс) считались приращения времени меньше 2 мс и больше 7 мс на базе одного канала. Указанные приращения соответствуют характерным для района значениям скорости (5-6 км/с).

На участках между аномалиями разностного годографа граничная скорость определялась по методу наименьших квадратов. Оценка среднеквадратической погрешности скорости в зависимости от длины интервала и разброса точек разностного годографа показала, что на базах определения менее 0,1 км ошибка превышает 0,3 км/с. На таких базах скорость не определялась. Большая часть определений (85 %) характеризуется погрешностью менее 0,15 км/с.

Природа аномалий разностного годографа связана с отличием среды от условий, допускающих использование метода t_0 . Влияние особенностей реальной среды удобно оценивать с помощью решения прямых задач. Такая задача была решена в рамках типичной для Печенгского рудного поля модели: разрывное нарушение (маломощный низкоскоростной крутопадающий пласт), секущее осадочные породы. Исследована двумерная модель с вертикальным градиентом скорости.

По программе Н.Н.Матвеевой и Л.Н.Антоновой [4] были рассчитаны годографы преломленных, отраженных и дифрагированных волн. Над низкоскоростным слоем преломленные волны имеют области тени из пунктов взрыва, расположенных по простанию пород. В первых вступлениях в пределах этой области наблюдаются отраженные от границ аномальной зоны волны с бесконечной кажущейся скоростью. Разностный годограф построен для того участка профиля, на котором параллельны нагоняющие годографы. На разностном годографе над низкоскоростной зоной наблюдаются аномальные отклонения.

Форма аномалии полученного разностного годографа близка к аномалиям годографов фактических, поэтому модель низкоскоростного крутопадающего слоя при градиентной верхней части скоростного разреза является одним из возможных объяснений отмечаемых осложнений разностных годографов.

Аномалии разностного годографа представляют интерес для картирования по двум причинам: во-первых, они могут быть связаны с контактами пород и разрывными нарушениями, во-вторых, значения граничной скорости, определенные по разностному годографу с учетом аномальных зон, с большей достоверностью характеризуют скорость в среде.

На основе полученных данных были проанализированы возможности выделения контактов пород продуктивной толщи. На контакте вулканогенной и продуктивной толщ в большинстве случаев (75 %) наблюдается либо скачок скорости, либо аномалия разностных годографов. В продуктивной толще по этим

признакам в благоприятных случаях выделяются осадочные породы, массивы основных и ультраосновных пород, габбро-диабазы. Массивы основных и ультраосновных пород выделяются во всех случаях, если их мощность превосходит 150 м, а при наличии тектонизированных контактов - независимо от мощности. Габбро-диабазы выделяются среди вмещающих пород при условии повышенной мощности (не менее 200 м). Преимущественное выделение массивов основных и ультраосновных пород по сравнению с габбро-диабазами, вероятно, связано с тем, что контакты массивов часто тектонизированы и поэтому отвечают модели низкоскоростного слоя.

Данные о скоростях обобщены в виде распределений граничных скоростей и их схематической карты. Распределения граничной скорости построены для надпродуктивной вулканогенной толщи, осадочных пород продуктивной толщи, габбро-диабазов, массивов основных и ультраосновных пород (рис.2). Как видно из распределений, породы рудного поля различаются по модальным значениям скорости, однако периферийные части распределений перекрываются.

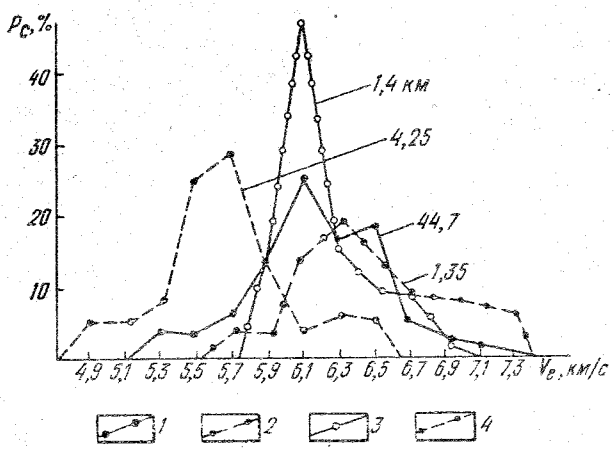


Рис.2. Полигоны частот граничной скорости $V_г$ для различных пород

1 - породы надпродуктивной вулканогенной толщи; 2 - габбро-диабазы; 3 - массивы основных и ультраосновных пород; 4 - осадочные породы продуктивной толщи (числа на кривых - объем наблюдений в соответствующих породах); P_c - распределение скоростей в объеме наблюдений

Распределение скорости в осадочных породах, массивах основных и ультраосновных пород и габбро-диабазах имеет ярко выраженный максимум, а в породах вулканогенной толщи - два максимума, что, возможно, связано с наличием двух групп пород вулканогенной толщи. На участках профилей, сложенных переслаивающимися маломощными телами разного состава, граничная скорость имеет промежуточное значение, которое качественно отражает преобладание определенных пород. Таким образом, существует возможность разделения пород Печенгского рудного поля по граничной скорости.

Разрывные нарушения отмечаются аномально низкой скоростью (4,8-5,2 км/с) или зонами аномальных отклонений разностного годографа. По этим признакам выделено 2/3 нарушений, пересеченных сейсморазведочными профилями.

Схематическая карта граничных скоростей сохраняет особенности геологической карты: выделенные по скорости зоны вытянуты по простиранию пород, низкоскоростные зоны совпадают с диагональной тектоникой. На участке

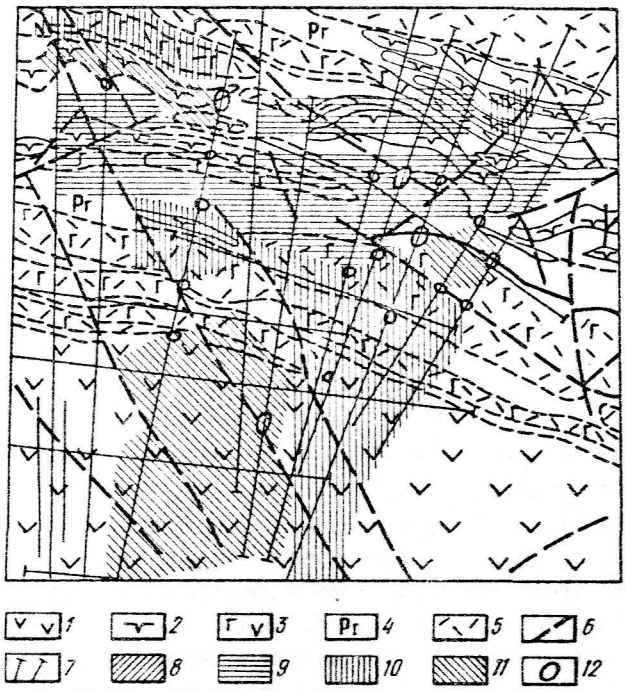


Рис.3. Схема распределения граничной скорости на участке рудного поля (Райсоайви - Мирона)
1 - породы надпродуктивной вулканогенной толщи; 2 - массивы основных и ультраосновных пород; 3 - габбро-диабазы; 4 - осадочные породы продуктивной толщи; 5 - породы вулканогенной толщи, подстилающей продуктивную толщу; 6 - разрывные нарушения; 7 - сейсморазведочные профили; 8-11 - площадь распространения пород с граничной скоростью соответственно $\leqslant$ 5,2; 5,3-5,8; 5,9-6,2; $\geqslant$ 6,3 км/с; 12 - области аномальных отклонений разностного годографа

рудного поля, карта которого приводится в качестве примера, плотность сети сейсмических профилей сопоставима с детальностью расчленения разреза по скорости на отдельных профилях (рис.3).

На других участках сейсморазведочных работ МОВ в пределах рудного поля использованы менее плотные системы, и корреляция выделенных особенностей скоростных разрезов между соседними профилями на них затруднена. В связи с этим представляется, что для реализации выявленных возможностей картирования рудного поля по скорости упругих волн необходима сеть наблюдений, превышающая по детальности принятую в работах МОВ.

Выводы

1. В результате анализа кинематики первых волн установлена принципиальная возможность картирования пород Печенгского рудного поля по граничной скорости. Для определения этого параметра следует использовать годографы на удалении не менее 0,3 км от пункта взрыва.

2. По граничной скорости в Печенгском рудном поле выделяются массивы основных и ультраосновных пород, если их мощность более 150 м или их контакты тектонизированы. Габбро-диабазы выделяются преимущественно при повышенной мощности (более 200 м). В большинстве случаев локализуется контакт продуктивной толщи с вышележащей вулканогенной толщей.

3. Разрывные нарушения выделяются либо зоной пониженной скорости (4,8-5,2 км), либо аномалиями разностного годографа.

4. Для достоверного картирования рудного поля по скорости необходимо применять сеть профилей, по детальности превышающую используемую в МОВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лизинский М.Д. О точности определения контактов пород по годографам прямых и преломленных волн. – В кн.: Геофизические методы поисков и разведки. Межвуз. сборник, вып. 4. Свердловск, изд. УПИ, 1978.

2. Лизинский М.Д., Литвиненко Е.Р. Методика построения эффективных скоростных моделей метаморфических толщ Печенгского района по данным сейсмического каротажа. – В кн.: Методы разведочной геофизики. Рудная сейсморазведка. Л., изд. НПО „Геофизика", 1978.

3. Методика и результаты изучения скоростного разреза Печенгской структуры / Л.К.Кокорина, И.В.Литвиненко, М.Д.Лизинский, З.Х.Телякова. – Зап. ЛГИ, 1974, т. 67, вып. 2.

4. Программы для интерпретации сейсмических наблюдений, 2. / Под редакцией Н.Н.Матвеевой. Л., Наука, 1977.