Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVI, вып. 2, 1974 г.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СКОРОСТНОГО РАЗРЕЗА ПЕЧЕНГСКОЙ СТРУКТУРЫ

Л. К. Кокорина, И. В. Литвиненко, М. Д. Лизинский, З. Х. Телякова

Для изучения глубинного строения Печенгского рудного района в последние годы успешно применяется сейсморазведка методом отраженных волн (МОВ) [3, 4, 5]. Последовательное усложнение задач, решаемых при этом, вызывает необходимость детализации представлений о скоростном разрезе изучаемой территории, для чего используют данные как скважинных, так и наземных сейсмических наблюдений.

В Печенгском районе выделяют нижний структурный ярус, сложенный архейскими гранито-гнейсами, и верхний — протерозойский, к которому относится и Печенгская структура с известными медно-никелевыми месторождениями. Особенности ее геологического строения, степень изученности и характер зарегистрированных волновых полей определили методику изучения скоростного разреза. Печенгская структура представляет собой приразломную сложно построенную моноклиналь, сложена ритмично чередующимися четырьмя осадочными и четырьмя вулканогенными толщами, погружающимися в юго-западном направлении (рис. 1). Углы падения пород печенгской серии вблизи дневной поверхности составляют 30—40° и, по-видимому, уменьшаются на глубине. Максимальная мощность серии в центральной части структуры достигает 7 *км*, что вызвано увеличением мощности наиболее молодого (четвертого) вулканогенного покрова.

Бурением до глубины 1,5 *км* на участках известных месторождений изучены лишь продуктивная филлитовая толща и нижняя часть перекрывающих ее диабазов. Поэтому данные сейсмокаротажа имеются для ограниченной части площади и разреза. Сведения о скоростном разрезе для всей структуры получены при обработке наблюдений МОВ, которые выполнены со средней плотностью сети сейсморазведочных профилей около 0,3 *км* на 1 $км^2$ с применением систем удлиненных, взаимно увязанных годографов, обычно обеспечивающих двукратное прослеживание отражающих границ. Длина годографов (5—10 *км*) определялась расстояниями между пунктами взрывов, в качестве которых использованы естественные водоемы. Такие системы наблюдений позволяют изучать по годографам слабо рефрагированных волн изменение скорости вблизи дневной поверхности. Однако из-за малой протяженности различно ориентированных осей синфазности отражений, обусловленной сложной формой наклонных сейсмических границ, возможности массового определения эффективных скоростей ограничены.

Для изучения скоростного разреза Печенгской структуры использованы следующие материалы: 1) вертикальные годографы по 17 скважинам глубиной от 0,5 до 1,5 *км*; суммарная глубина скважин 9,9 *км*, в том числе в продуктивной толще 7,0 *км*; 2) годографы продольных и поперечных слабо рефрагированных волн по сейсморазведочным профилям, пересекающим выходы на дневную поверхность пород IV вулканогенного покрова (246 *км*), продуктивной филлитовой толщи (29 *км*) и нижних покровов и осадочных горизонтов (49 *км*); 3) результаты вычисления эффективной скорости по годографам отраженных волн (около 100 определений).

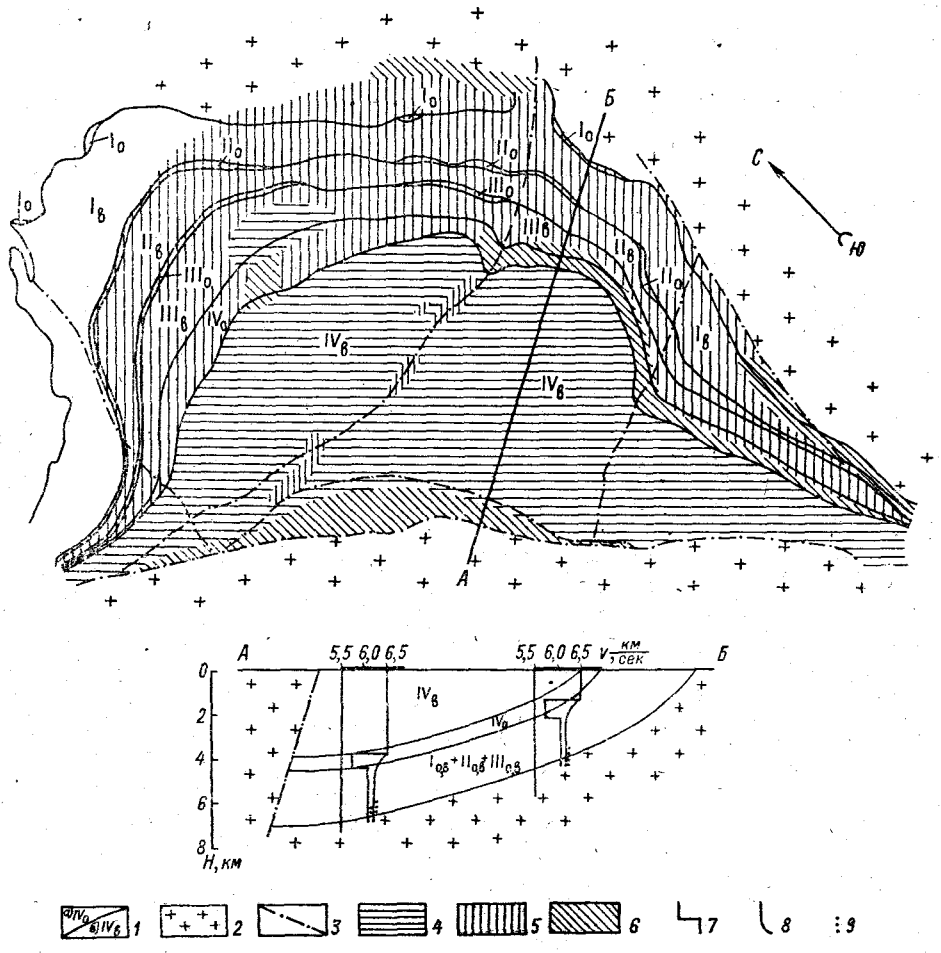


Рис. 1. Схема распределения скорости упругих волн по площади и разрезу Печенгской структуры

1 — осадочные (*а*) и вулканогенные (*б*) толщи печенгской серии; *2* — породы обрамления Печенгской структуры; *3* — тектонические нарушения; площадь распространения пород со скоростью упругих волн, *км/сек*: *4* — $v_p = 6{,}1 \div 6{,}5$, $v_S = 3{,}4 \div 3{,}9$; *5* — $v_p = 5{,}7 \div 6{,}1$, $v_S = 3{,}3 \div 3{,}5$, *6* — $v_p = 5{,}3 \div 5{,}7$, $v_S = 3{,}1 \div 3{,}3$; графики скорости: *7* — пластовой; *8* — средней; *9* — значения эффективной скорости

Сейсмокаротаж проводился из пунктов взрыва, удаленных от устья скважин на 0,05—1,2 *км*. При интерпретации данных учитывалось значительное искривление скважин (зенитные углы достигают 5—15°). Минимальная мощность пластов, выделяемых по данным каро-

тажа, составила 0,15—0,20 км. Значения пластовой скорости $v_{пл}$ получены как для продольных, так и для поперечных волн. Относительная погрешность определения $v_{пл}$ обычно не превышала 2% [2].

При наблюдениях МОВ в первых вступлениях зарегистрированы слабо рефрагированные волны [1]. Вычисленный по способу С. В. Чибисова вертикальный градиент β для диабазов IV покрова, занимающих бо́льшую часть площади структуры, заметен лишь до глубин не более 0,2—0,3 *км*. Значения β у дневной поверхности не превышают 0,2 $км^{-1}$, быстро убывают с увеличением глубины и обусловлены главным образом процессами физико-химического выветривания. Подобная закономерность намечается и для других площадей Печенгской структуры, где обнажаются филлиты и нижние покровы диабазов.

По разностным годографам первых слабо рефрагированных волн на участках, где нагоняющие годографы параллельны, известным способом разностного годографа определены значения так называемой граничной скорости $v_г$ для продольных *P* и поперечных *S* волн. Эти значения $v_г$ можно было бы связывать со скоростью волн вдоль поверхности коренных пород, перекрытых в данном районе рыхлыми отложениями мощностью от 0 до 20 *м*. Однако, из-за наличия даже небольшого градиента β для коренных пород, применявшийся способ разностного годографа становится менее строгим, хотя и сохраняет возможность дифференцировать породы по значениям скорости. Как было показано ранее [6], в условиях Балтийского щита вычисленные таким образом значения $v_г$ можно достаточно обоснованно относить к нижней части градиентного слоя, т. е. к невыветренным коренным породам. В условиях Печенгского района погрешность определения $v_г$ обычно не превышает 0,2 *км/сек* и зависит от видимой мощности изучаемой толщи. Видимая мощность пластов, отличающихся по скорости, была не менее 0,3 *км*. По результатам определения $v_г$ для волн *P* и *S* были составлены схемы распределения этого параметра по площади структуры (см. рис. 1).

По годографам опорных отраженных волн во взаимных точках были вычислены эффективные скорости $v_{эф}$ способами подбора и симметричных точек. Результаты каротажа, определений $v_г$ и $v_{эф}$ сопоставлены между собой. Данные о пластовой и граничной скорости сравнивались в форме вариационных кривых $v_{пл}$ и $v_г$. При построении кривых распределения в качестве веса использовались мощности пластов. Сопоставление кривых (рис. 2) для продуктивной филлитовой толщи и диабазов IV покрова свидетельствует о подобии распределений $v_{пл}$ и $v_г$, которое проявляется в близости модальных значений, формы кривых и размаха параметров. Этим подтверждается надежность выявленных характеристик скоростного разреза изученных толщ и обосновывается возможность использования значений $v_г$ в качестве $v_{пл}$.

Исходя из этого предположения, а также из геологических представлений о моноклинальном залегании пород печенгской серии, можно представить разрез структуры в виде плоскопараллельной косослоистой модели, скорость упругих волн в каждом слое можно принять в первом приближении постоянной, не зависящей от глубины залегания. Для проверки пригодности этой модели были сопоставлены значения средней скорости, вычисленной для подошвы печенгской серии по параметрам отдельных слоев модели, со значениями $v_{эф}$, определенными по годографам отраженных волн от той же границы (см. рис. 1). В пределах погрешности определений величины средней и эффективной

скоростей совпали. Таким образом, предположения, положенные в основу модели скоростного разреза Печенгской структуры, подтверждаются результатами вычисления $v_{эф}$ по данным полевых наблюдений. Это позволяет использовать выбранную модель для определения расчетной скорости при построении отражающих границ.

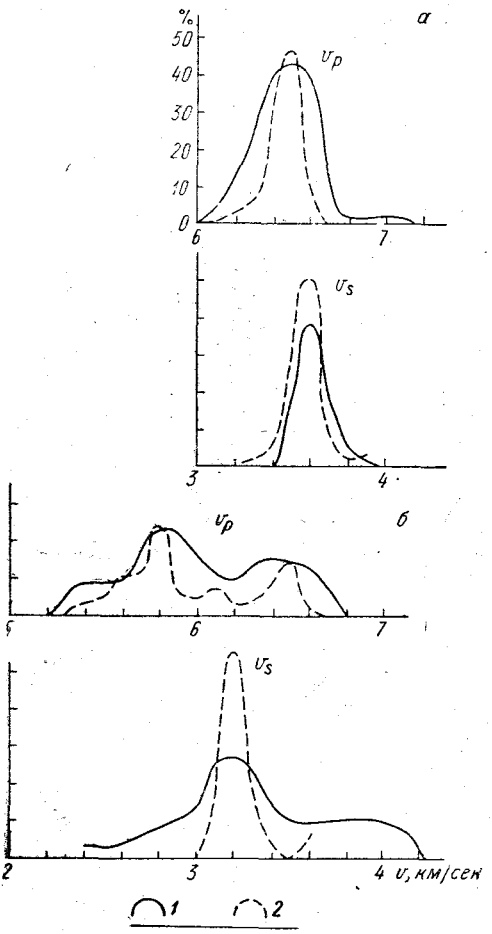


Рис. 2. Сопоставление вариационных кривых распределения пластовой (*1*) и граничной (*2*) скоростей для пород IV вулканогенного покрова (*а*) и продуктивной филлитовой толщи (*б*)

Скоростная модель Печенгской структуры схематически представляется трехслойной. Центральная часть структуры сложена породами со скоростью $v_p = 6{,}5 \mp 0{,}2$ и $v_s = 3{,}4 \div 3{,}9$ *км/сек* (см. рис. 2). Из геологической карты следует, что площадь распространения этих пород соответствует выходам на поверхность диабазов IV вулканогенного покрова, мощность которого достигает 4 *км* в центре структуры. Второй слой модели пространственно связан с продуктивной филлитовой толщей и характеризуется переменными значениями скорости, среднеинтервальные величины $v_p = 6{,}0$ и $v_s = 3{,}2$ *км/сек* условно получены как средневзвешенные из распределений, имеющих сложную форму. Вариационная кривая отражает внутреннюю неоднородность состава продуктивной толщи, сложенной в основном филлитовидными сланцами, туфами ($v_p = 5{,}8$ *км/сек*), а также интрузивными породами ($v_p = 6{,}4$ *км/сек*). Насыщенность интрузивными телами северо-западной части продуктивной толщи обусловливает приближение интервальной скорости во втором слое модели к скорости в первом слое, что нашло отражение на рис. 1. Общая мощность продуктивной толщи оценивается в 1,0—1,5 *км*. Третьему слою модели приписывается скорость 6,1 *км/сек*, которая характеризует породы трех нижних вулканогенных покровов и трех маломощных осадочных толщ общей мощностью до 3 *км*. Отношение скоростей v_p/v_s для всех трех слоев модели несколько превышает 1,7 и, по данным сейсмокаротажа, увеличивается с уменьшением глубины.

На фоне закономерного распределения скорости на площади Печенгской структуры отмечаются локальные аномалии, имеющие геологическое объяснение. Намечается линейно вытянутая зона пониженной

скорости, приуроченная к крупному тектоническому нарушению. Положительная аномалия скорости в третьем слое модели (северо-западная часть структуры) вызвана высокоскоростными интрузиями основного состава.

Предложенная модель отражает лишь основные черты распределения скорости в породах печенгской серии, выявленные при площадных рекогносцировочных исследованиях, и на этом этапе позволяет обоснованно выбирать расчетную скорость для построения отражающих границ. Повышение детальности работ, связанное, в частности, с изучением внутренней структуры продуктивной филлитовой толщи, потребует уточнения скоростной модели на каждом участке этих работ.

Выводы

1. В сложных сейсмо-геологических условиях Печенгской структуры скоростной разрез изучается комплексом методик, взаимно дополняющих друг друга.

2. Подобие кривых распределения $v_{пл}$ и $v_г$ в условиях моноклинального залегания пород позволяет использовать слабо рефрагированные волны для изучения в первом приближении скорости продольных и поперечных волн по площади и глубине.

3. Сопоставление всех данных позволило получить представление о скоростной модели Печенгской структуры и установить достаточную надежность этой модели. Последняя используется для обоснованного выбора скорости при построении сейсмических разрезов на этапе площадных рекогносцировочных работ.

4. Опыт изучения скоростного разреза Печенгского района может быть использован в сходных сейсмо-геологических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленина И. С. Рефрагированные волны в изучении скоростного разреза Печенгского района.— Зап. ЛГИ, 1963, т. 46, вып. 2.

2. Лизинский М. Д. Особенности методики и некоторые результаты сейсмокаротажа в Печенгском районе.— В кн.: Новые исследования в геологии. Л., изд. ЛГИ, 1969.

3. Литвиненко И. В. Сейсмический метод при изучении глубинного строения Балтийского щита.— Зап. ЛГИ, 1963, т. 46, вып. 2.

4. Литвиненко И. В., Ленина И. С. Некоторые результаты изучения сейсморазведкой глубинного строения Печенгской структуры.— В кн.: Геология и глубинное строение восточной части Балтийского щита. Л., «Наука», 1968.

5. Литвиненко И. В., Кокорина Л. К. Строение земной коры Печенгского района.— В кн.: Состояние и задачи разведочной геофизики. Мат-лы VI Всесоюзн. научн.-техн. геофиз. конф. в г. Ленинграде. М., «Недра», 1970.

6. Литвиненко И. В., Некрасова К. А. Дифференциация кристаллических пород по упругим свойствам на примере Северной Карелии.— Зап. ЛГИ, 1963, т. 46, вып. 2.

112664

2—Зак. 724