Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVI, вып. 2, 1963 г.

МЕТОД ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ МАССИВОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Г. Н. Шаблинский

Сейсморазведка методом отраженных волн с успехом применяется при изучении структур осадочных пород. Здесь ее результаты отличаются высокой точностью и она занимает главенствующее положение среди других геофизических методов. Аналогичные исследования методом отраженных волн глубинной структуры кристаллических пород могли бы дать такие же ценные результаты, какие были получены при изучении осадочных образований. Но до сих пор, за исключением отдельных опытных работ, этот метод для изучения кристаллических пород практически не применялся. Поэтому известный интерес представляют результаты опытных, а затем и производственных работ методом отраженных волн, выполненных Западным геофизическим трестом совместно с проблемной лабораторией геофизических методов разведки при Ленинградском горном институте в центральных районах Кольского полуострова в 1958—1960 гг.

Сейсмические работы проводились в районе Хибинского и Ловозерского массивов с целью изучения их глубинного контакта с вмещающими породами. Хибинский щелочный массив является крупным интрузивным телом, сложенным нефелиновыми сиенитами. В плане он имеет почти овальную форму. Его диаметр достигает 40 *км*. Нефелиновые сиениты представлены несколькими комплексами пород, залегающими в форме гигантских дуг. Углы падения комплексов меняются от 30 до 90°.

С запада и юга массив окружен эффузивно-осадочными породами свиты Имандра—Варзуга. Ее возраст считается протерозойским. Среди пород свиты преобладают основные эффузивы и прорывающие их интрузии основных и ультраосновных пород. Породы осадочного происхождения играют подчиненную роль. Вблизи Хибинского массива эффузивно-осадочные породы имеют юго-западное падение с углами 40—60°. Вертикальная мощность эффузивно-осадочных образований по гравитационным данным вблизи Хибинского массива достигает 3—4 *км*, причем глубже залегает, по-видимому, гнейсо-гранитный комплекс архея.

Размеры Ловозерского щелочного массива несколько меньше, чем Хибинского. Он также сложен нефелиновыми сиенитами, но залегают они с очень небольшими углами падения. К северу от массива развиты архейские граниты с четко выраженной сланцеватостью, биотито-гранатовые гнейсы, гнейсо-диориты и диориты. Эти породы имеют северное падение с углами 40—50°.

Хибинский и Ловозерский массивы рассечены многочисленными ущельями и речными долинами.

Сейсморазведочные работы проводились по долинам горных рек с выходом на окружающую равнину. В качестве пунктов взрыва использовались озера; если их не было, заряд закладывался в шурфы глубиной 1,5—2 *м*. Вес зарядов менялся в зависимости от условий возбуждения и расстояния до пункта взрыва. При расстоянии взрыв—прибор до 1 *км* и хорошей укупорки вес заряда был 40—60 *кг*. На больших расстояниях до пункта взрыва, достигавших 3 *км*, или при плохих условиях возбуждения вес зарядов увеличивался до 140—160 *кг*. При меньших зарядах запись на сейсмограммах малоинтенсивна и отраженные волны не выделяются.

Для работы использовалась сейсмостанция СС-24П с комплектом сейсмоприемников СПМ-16. Регистрация волн проводилась на двух фильтрациях, имеющих полосы пропускания 30—65 и 45—90 *гц*. При благоприятных сейсмологических условиях, т. е. когда взрывы производились в сравнительно глубоких озерах, а сейсмоприемники устанавливались на плотном упругом грунте (супеси, суглинки), преимущество имела высокочастотная фильтрация. В этом случае получилась запись, насыщенная многочисленными фазами волн. При ухудшении поверхностных сейсмогеологических условий, и в первую очередь при ухудшении условий приема (сухой каменисто-песчаный грунт, участки высохших болот, горные осыпи), лучший результат давало применение низкочастотной фильтрации. Количество регистрируемых волн при этом уменьшалось, но они сравнительно уверенно прослеживались вдоль профиля.

На особо ответственных участках профиля, например вблизи контакта щелочных массивов с вмещающими породами, регистрация проводилась на двух фильтрациях.

Наблюдения проводились с шагом 10 *м*. Увеличение шага до 15—20 *м* резко ухудшало сейсмическую запись. Некоторое уменьшение фона помех достигалось группированием приборов по три на канал с расстоянием между ними 3 *м*.

Приближенная оценка значения скорости в кристаллических породах была сделана следующим образом. Методом преломленных волн была определена скорость продольных волн, распространяющихся в верхней части кристаллических пород. При этом длина годографов преломленных волн равнялась в среднем 1250 *м*, а кристаллический фундамент залегал на глубине 10—20 *м*.

Определение скорости распространения звуковых волн в верхней части кристаллических пород

Горная порода	Протяженность исследованных профилей, *км*	Скорость распространения волн, *м/сек*
Граниты, гранито-гнейсы архея	33	5650 ± 100
Нефелиновые сиениты Хибинского массива	22	5600 ± 50
Нефелиновые сиениты Ловозерского массива . . .	6	5670 ± 70
Эффузивно-осадочные породы свиты Имандра-нарзуга	22	5880 ± 150
Приконтактная зона щелочных массивов шириной 200—400 *м*	1,4	4300 ± 400

Как видно из таблицы, скорость распространения упругих волн в различных породах вблизи дневной поверхности лежит в пределах 5600—5900 *м/сек*. Поэтому с точностью ±150 *м/сек* можно считать ее постоянной и равной 5750 *м/сек*. Это значение скорости было использовано для интерпретации полученных данных.

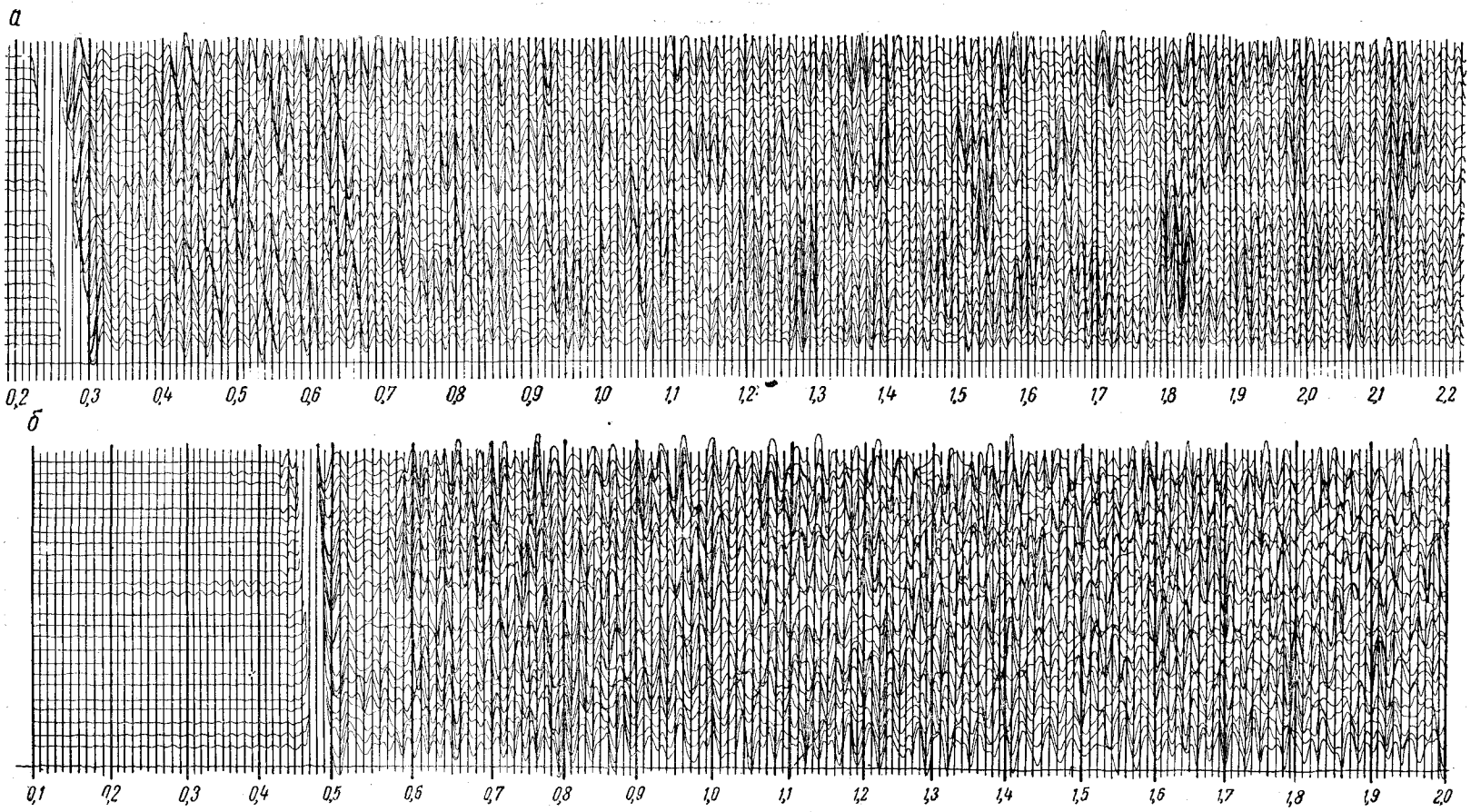


Рис. 1. Сейсмограммы метода отраженных волн, полученные на Кольском полуострове при глубине взрыва 1,8 *м*, весе заряда 120 *кг*, фильтрации 30—65, включенном АРУ:

а — участок развития архейских гнейсо-гранитов, шаг съемки 10 *м*; *б* — участок нефелиновых сиенитов, шаг съемки 5 *м*

Сейсмограммы резко различаются по своему виду в зависимости от того, где они получены: в районах развития гнейсо-гранитов и эффузивно-осадочных пород или на нефелиновых сиенитах. В первом случае после вступления продольной и поперечной волн, распространяющихся в верхней части разреза, наблюдаются многочисленные фазы последующих вступлений (рис. 1, *а*). Как правило, эти фазы имеют слабо выраженную амплитудную характеристику. Они прослеживаются на протяжении 100—300 *м*, изредка на 600—1000 *м*. Иногда среди них встречаются фазы с отрицательной кажущейся скоростью.

Наиболее четкие оси синфазности отмечаются в интервале времени от 0,8—1,0 до 2,4—2,8 *сек*. Соответствующие им годографы имеют форму, близкую к гиперболической. В тех случаях, когда фазы прослеживались на значительное расстояние, построенные годографы удалось сопоставить с теоретическими, причем совпадение оказалось вполне удовлетворительным. Отсюда был сделан вывод, что наблюдаемые нами волны являются волнами, отраженными от границ, находящихся в кристаллических породах.

Сейсмическая запись, полученная на щелочных массивах, имеет совершенно иной характер. Даже при уменьшении шага съемки до 5 *м* оси синфазности здесь практически отсутствуют (рис. 1, *б*). Несмотря на то, что на площади Хибинского и Ловозерского массивов пройдено свыше 28 *км* профилей и эти профили в отдельных случаях доводились до центра массивов, на них не удалось найти ни одного участка, где были бы зарегистрированы вступления отраженных волн, идущих из толщи щелочных изверженных пород. Это явление нельзя объяснить ухудшением поверхностных условий. Во многих случаях они были не хуже, а даже лучше, чем на холмистых равнинах, окружающих массивы. Трудно также предположить, чтобы все сейсмические профили оказались расположенными вдоль зон разломов щелочных массивов. Поэтому можно сделать вывод о том, что в толще изверженных пород щелочных массивов отражающие площадки отсутствуют.

Наличие в толще вмещающих пород большого числа отражающих площадок позволяет косвенным образом судить о поведении глубинного контакта щелочных пород и вмещающей их толщи. Этот контакт может быть отождествлен с границей между областью развития большого количества отражающих площадок и зоной их полного отсутствия. Построенные подобным образом глубинные границы щелочных плутонов показаны на рис. 2.

По сейсмическим данным западный контакт Хибинского массива (рис. 2, *а*) прослежен до глубины 7 *км* и падает под массив под углом 74°. Так как подобные построения проводятся впервые, то, естественно, они нуждаются в дополнительном контроле. С этой целью вдоль сейсмического профиля были выполнены гравиметровые наблюдения с шагом 100 *м* вблизи контакта массива и с шагом 250 *м* — вдали от него. Благодаря большой разнице между плотностью пород эффузивно-осадочной толщи и нефелиновых сиенитов, над контактом отмечается резкое изменение поля силы тяжести. Этот контакт выходит под наносы, мощность которых не превышает 20 *м*, и его местоположение можно точно определить по данным гравиразведки и магниторазведки. Кроме того, нарушенная зона приконтактных пород шириной 150—200 *м* четко фиксируется сейсморазведкой — скорость прямой волны здесь резко падает и равняется в данном случае 4200 *м/сек*. Зная точное местоположение контакта и имея данные замеров плотности нескольких тысяч образцов горных пород массива и свиты Имандра—Варзуга, по наблюденной аномалии Δg методом подбора был построен достаточно надежный разрез глубинного контакта.

Хибинского плутона (рис. 2, *а*). По гравитационным данным контакт падает под массив под углом около 77°. Расхождение с сейсмическими данными составляет 3°, что указывает на хорошее совпадение результатов обоих методов. Аналогичные результаты получены в районе южного контакта Хибинского массива. Здесь до глубины 3 *км* сейсморазведка и гравиразведка дают тождественные результаты и лишь на больших глубинах при углах падения контакта щелочных пород порядка 60° наблюдаются расхождения до 6°.

Таким образом, всюду, где был возможен контроль со стороны гравиразведки, наблюдается удовлетворительное совпадение данных

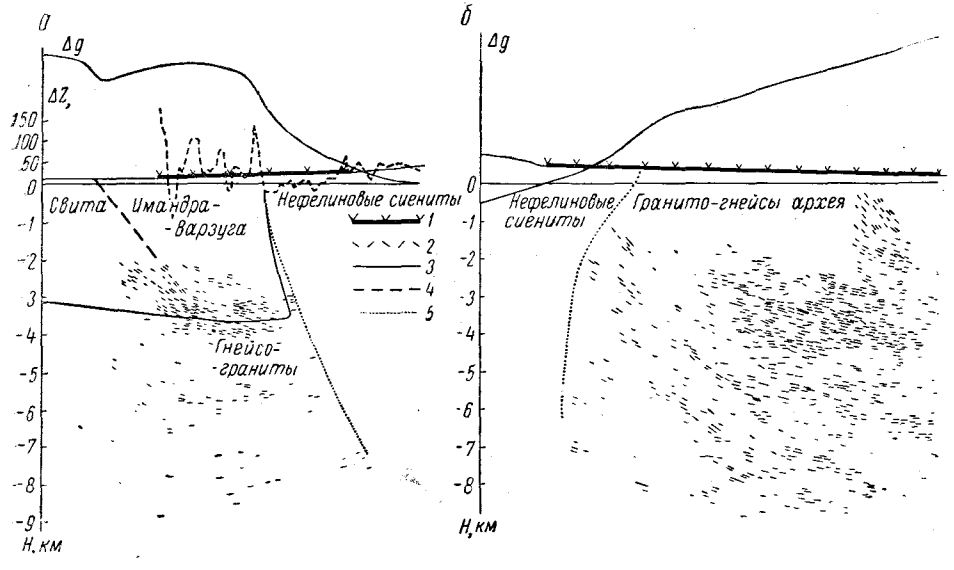


Рис. 2. Сейсмогеологический разрез через: *а* — западный контакт Хибинского плутона, *б* — северный контакт Ловозерского плутона:

1 — сейсмический профиль; *2* — отражающие площадки; *3* — контакт по гравитационным данным; *4* — предполагаемый сброс; *5* — контакт по сейсмическим данным. Составлен Н. А. Каверзневой

обоих методов, что указывает на достаточно высокую точность построенных разрезов.

Особенно широкое применение метод отраженных волн получил при изучении Ловозерского плутона. Здесь в большинстве случаев гравиразведка отметила контакт нефелиновых сиенитов настолько слабыми аномалиями силы тяжести, что проводить по ним количественную интерпретацию практически невозможно. Единственным методом, дающим представление о глубинной структуре массива, оказался метод отраженных волн. Как показал сейсмический разрез через северный контакт Ловозерского плутона (рис. 2, *б*), корни плутона распространяются на 5—6 *км* в глубину. По этому разрезу можно также определить углы падения глубинного контакта массива и решить ряд частных задач, связанных с тектоникой плутона.

Таким образом, метод отраженных волн можно успешно использовать при изучении глубинного строения изверженных массивов, залегающих среди кристаллических пород в районах, где другие геофизические методы не дают положительных результатов.