УДК 550.834

А.Н.ТЕЛЕГИН, *д-р геол.-минерал. наук*, *профессор*, *AN_Telegin@mail.ru*
А.С.ЯКОВЛЕВ, *аспирант*, *yakovlev_as@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

A.N.TELEGIN, *Dr. in geol.-min. sc., professor*, *AN_Telegin@mail.ru*
A.S.YAKOVLEV, *post-graduate student, yakovlev_as@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПАРАМЕТРАМ МЕТОДИКИ МАЛОГЛУБИННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ МОВ-ОГТ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Сформулированы основные требования к методике малоглубинных сейсморазведочных работ МОВ-ОГТ для решения инженерно-геологических задач. На основании результатов опытно-методических сейсмических исследований обоснована оптимальная методика для территории Санкт-Петербурга и пригородов, обеспечивающая детальное изучение верхней части геологического разреза.

Ключевые слова: малоглубинная сейсморазведка, методика полевых работ, поверхностные волны.

BASIC REQUIREMENTS FOR SHALLOW SEISMIC FIELD WORKS TECHNIQUE BY THE REFLECTED WAVES METHOD FOR ENGINEERING-GEOLOGICAL ISSUES SOLVING

The main requirements for the shallow seismic field works technique parameters for engineer-geological issues solving are represented. The optimum technique for the St.-Petersburg and its suburbs territory based on the results of experimental seismic studies, providing a detailed study of the upper part of the geological section, are proved.

Key words: shallow seismic, field work technique, ground-roll waves.

Требования к методике полевых работ в сейсморазведке одинаковы, независимо от решаемых геологических задач и глубины исследования. Методика работ должна обеспечить:

– детальность изучения упругих свойств за счет оптимальной дискретизации результатов сейсморазведки по площади и глубине исследований для надежной их интерпретации, в частности для корреляции результатов сейсмических работ;

– от каждого элемента дискретизации среды зарегистрировать набор записей полезных сейсмических волн, необходимый для определения упругих свойств;

– ослабить волны-помехи при получении сейсмических записей или создать предпосылки для их ослабления на этапе обработки материалов без искажения кинематических и динамических свойств полезных волн.

Выполнение этих условий позволит в процессе обработки материалов определить изменение упругих свойств в изучаемом объеме геологической среды и выполнить их интерпретацию.

Методика сейсмических работ определяется на основе априорных сведений об изменении упругих свойств изучаемой геологической среды по площади и глубине исследований. Основными элементами мето-

дики полевых работ в сейсморазведке являются: дискретизация записи по времени, шаг изучения разреза и параметры сейсмограммы общей средней точки (ОСТ): максимальное удаление источник-приемник и кратность наблюдений.

В ходе исследования выполнялись опытно-методические сейсмические работы МОВ-ОГТ на территории Санкт-Петербурга и пригородов, с целью выбора оптимальной методики малоглубинных сейсмических исследований.

Дискретизация сейсмических записей по времени определяется частотным диапазоном возбуждаемых колебаний и должна обеспечивать регистрацию сигнала без амплитудных и частотных искажений. Согласно теореме Найквиста для соблюдения этого условия необходимо иметь не менее двух отсчетов на наименьший период регистрируемых волн: $d\tau \le T/2$ [2]. В случае несоблюдения данного условия наблюдается эффект аляйсинга (эффект зеркальных частот) – частоты выше частоты Найквиста ($f_N = 1/T$) преобразуются в более низкие частоты.

Частотный спектр колебаний возбуждаемых ударными источниками определяется упругими свойствами среды в пункте возбуждения и суммарной массой источника и присоединенного объема грунта [3]. При использовании в качестве источника кувалды массой 8 кг максимум частотного спектра отраженных волн расположен в диапазоне частот 60-120 Гц. Применяемые для регистрации сейсмических записей сейсмоприемники GS-20DX имеют собственную частоту колебаний около 10 Гц, в результате определяется оптимальная полоса регистрируемых частот 10-125 Гц, и соответственно, шаг квантования записей 2 мс.

Шаг изучения разреза должен обеспечивать уверенную корреляцию результатов сейсмических работ, а также их представление без амплитудных и частотных искажений: $dX \le VT_2/(8\mathrm{tg}\varphi)$, где V – скорость в покрывающей среде, T_2 – период, соответствующий наибольшей частоте результативного разреза, φ – максимально возможный угол наклона изучаемых границ [2]. В исследуемом районе средние скорости распространения полезных волн составляют 1000 м/с, максимальные углы наклона границ могут достигать 45° и, с учетом максимальной частоты регистрации записей 125 Гц, шаг изучения разреза равен 1 м (рис.1). Соответственно расстояние между регистрирующими каналами равно 2 м.

Максимальное удаление источник приемник выбирается пропорционально наибольшей глубине изучения разреза. Однако, при применении сейсмических источников малой мощности (например, кувалды) амплитуда полезного сигнала на расстоянии порядка 150 м от пункта возбуждения (ПВ) меньше или равна амплитуде микросейсм, что затрудняет, либо делает невозможной его корреляцию (рис.2) В условиях исследуемой территории, при возбуждении колебаний ручными ударными источниками, рекомендуется использовать максимальное удаление равным 100 м.

Кратность наблюдений (количество записей в сейсмограмме ОСТ) – вместе с максимальным удалением источник-приемник определяют возможности изучения упругих свойств и выделение полезных волн при обработке материалов. При 48 канальной регистрации с шагом между каналами 2 м максимальная возможная кратность наблюдений возможна в случае расстояния между источниками 1 м и равна 24, с увеличением расстояния между источниками кратность соответственно уменьшается.

При использовании поверхностных сейсмических источников вблизи ПВ регистрируются интенсивные низкоскоростные низкочастотные поверхностные волны, интенсивность которых на 40-60 дБ выше полезных отраженных волн, и выделение отраженных волн вблизи ПВ сильно затруднено. Поэтому в малоглубинной сейсморазведке наибольшее распространение получили фланговые системы наблюдений, позволяющие прослеживать отраженные волны вне области регистрации поверхностных.

Для ослабления низкоскоростных регулярных помех при сейсмических исследованиях на нефть и газ применяют группирование источников и/или приемников в поле. В сейсморазведке малых глубин технологически более эффективно группирование источ-

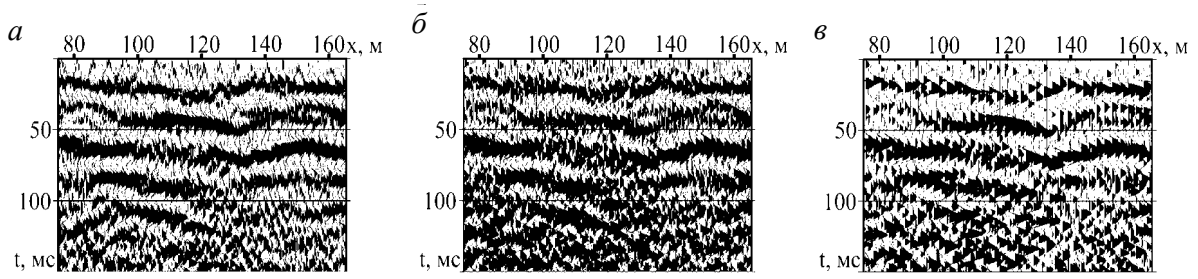


Рис.1. Фрагменты временного сейсмического разреза (район ст. метро «Девяткино»). Шаг между пунктами приема (ПП) – 1 м, шаг между пунктами возбуждения (ПВ): *а* – 1 м, *б* – 3 м, *в* – 5 м

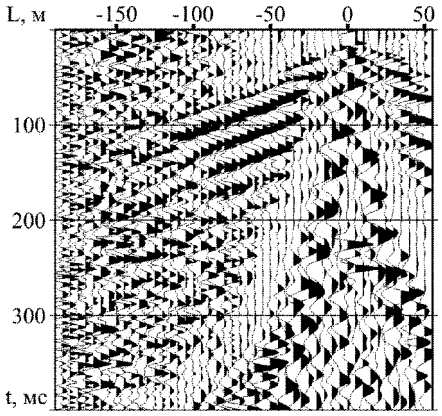


Рис.2. Полевая сейсмограмма после автоматической регулировки усиления (район метро «Девяткино»)

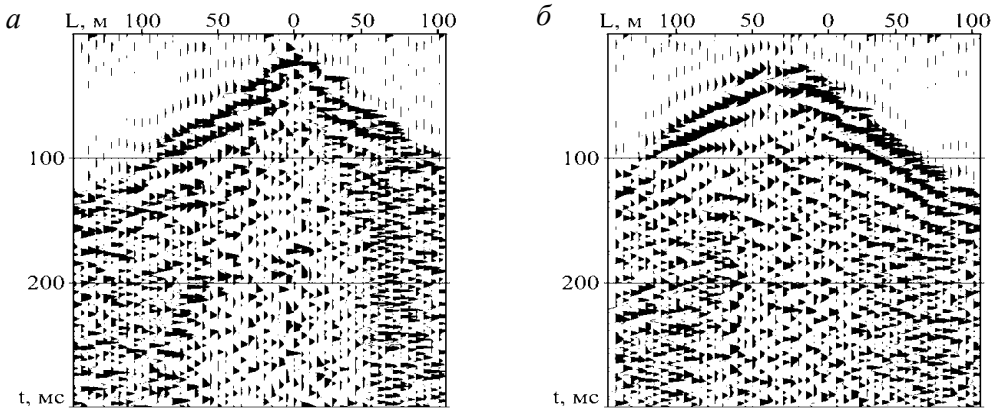


Рис.3. Сейсмограммы ОТВ с АРУ и полосовой фильтрацией: *а* – до группирования, *б* – после

ников с суммированием записей при регистрации, или в процессе обработки [1]. Для ослабления поверхностных волн с кажущимися скоростями 150-300 м/с в диапазоне частот 10-125 Гц длина базы группы составляет – $L = V^* / f_{\text{гр}} = 300/10 = 30$ м ; шаг между записями в группе – $\Delta L = V^* / f_0 = 150/135 \approx 1$м . Интерференционную систему с такими параметрами возможно осуществить в процессе обработки при суммировании сейсмограмм ОСТ или общей точки возбуждения (ОТВ) после регулировки амплитуд и ввода кинематических поправок (рис.3).

Однако, как показали экспериментальные исследования, применение данной процедуры нецелесообразно ввиду ее низкой эффективности. При соотношении амплитуд отраженных и поверхностных волн $1/10^4$, ослабление помех за счет группирования всего в 5-8 раз является недостаточным для выделения полезных волн.

Еще одним негативным последствием группирования с большой базой является осреднение (сглаживание) разреза.

При регистрации с накоплением сигнала особое внимание следует уделять точности синхронизации момента начала записи, так как при наличии фазовых и амплитудных сдвигов происходит искажение формы сигнала, уменьшающее интенсивность высокочастотных составляющих в спектре отраженных волн [3].

В результате исследования разработана оптимальная методика малоглубинных полевых сейсмических работ МОВ-ОГТ, обеспечивающая надежную регистрацию отраженных волн и их выделение при обработке сейсмических материалов, основными параметрами которой являются:

1. Шаг изучения разреза, достаточный для надежной корреляции результатов работ равен 1 м, расстояние между регистрирующими каналами равно 2 м.

2. Максимальное удаление источник приемник определяется из расчета наибольшей глубины изучения разреза – 100 м. Рекомендуется применять фланговые системы наблюдения, для прослеживания полезных волн вне области регистрации поверхностных. Шаг между ПВ следует выбирать равным или меньшим шага ПП.

3. Дискретизация по времени определяется частотным диапазоном возбуждаемых колебаний и возможностями регистрирующей аппаратуры и равна 2 мс.

4. Количество накоплений ударных воздействий на каждом ПВ определяется величиной соотношения сигнал-помеха, установленным опытно-методическими работами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Палагин В.В.* Сейсморазведка малых глубин / В.В.Палагин, А.Я.Попов, П.И.Дик М.: Недра, 1989. 210 с.

2. *Телегин А.Н.* Методика и технология сейсморазведочных работ методом отраженных волн: Учеб. пособие. СПГГИ. СПб, 2010. 83 с.

3. Теория и практика наземной невзрывной сейсморазведки / Под ред. М.Б.Шнеерсона. М.: Недра, 1998. 527 с.

REFERENCES

1. *Palagin V.V.* Seismic surveys of small depth / V.V.Palagin, A.Y.Popov, P.I.Dyck. Moscow: Nedra, 1989. 210 p.

2. *Telegin A.N.* Methods and acquisition technology of seismic reflected waves method surveys: Tutorial. SPGGI (TU). Saint Petersburg, 2010. 83 p.

3. Theory and practice of land-based non-explosive seismic / M.B.Schneerson. Moscow: Nedra, 1998. 527 p.