

УДК 550.34:662.1

И.А. Санфи́ров, А.М. Мухаме́тшин, А.Г. Яро́славцев

**СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ГАББРОВОГО
МАССИВА В ЦЕНТРЕ МЕГАПОЛИСА**

Представлены результаты применения инженерной сейсморазведки по методике многократных перекрытий для площадного прогноза строения и свойств массива изверженных пород в условиях городской застройки.

Ключевые слова: многоэтажное строительство, инженерная сейсморазведка, структура геологического разреза.

Семинар № 3

Этап изысканий под современное многоэтажное строительство в сложных геологических условиях требует применения широкого комплекса прямых методов геологического опробования, бурения и дистанционных геофизических методов. Уровень развития инженерных сейсморазведочных технологий в настоящее время позволяет говорить об их значительной роли в этом комплексе. Сейсморазведочные методы позволяют оценить прочностные свойства пород в масштабах соизмеримых с самими сооружениями, а также могут успешно решать задачи по картированию приповерхностных неоднородностей геологического разреза, определяющих устойчивость проектируемых зданий и сооружений.

В качестве наглядного примера решения подобных задач рассмотрим результаты инженерной сейсморазведки в центре г. Екатеринбурга для изучения территории, проектируемой под многоэтажную застройку делового центра «Екат-Сити».

Сейсмические исследования распределены по 11 профильным линиям (рис. 1). Содержание исследований включало: 1) проведение полевых

наблюдений по методикам, согласованным с техническим заданием, 2) цифровая обработка и интерпретация полученных данных. Основная цель исследований – изучение особенностей строения и свойств отложений в интервале глубин 0-60 м.

Полевые работы выполнены по методике невзрывной малоглубинной сейсморазведки с использованием интерференционной системы наблюдений, обеспечивающей многократные перекрытия отраженных волн [1]. Параметры системы наблюдений рассчитывались в соответствии с интервалом исследований и геометрическими характеристиками объектов поиска.

Запись сейсмических колебаний при всех видах наблюдений осуществлялась с помощью цифровой телеметрической сейсмостанции IS-128.1 [2], шаг дискретизации 0.1 мс, длина записи 1536 дискрет, ФНЧ-1250 Гц, ФВЧ-14 Гц, усиление 40 Дб. Применялся источник импульсного типа – кувалда, в режиме накопления.

Цифровая обработка полевых сейсморазведочных данных направлена на выделение регулярной составляющей волнового поля. Она выполнялась в рамках обрабатывающих

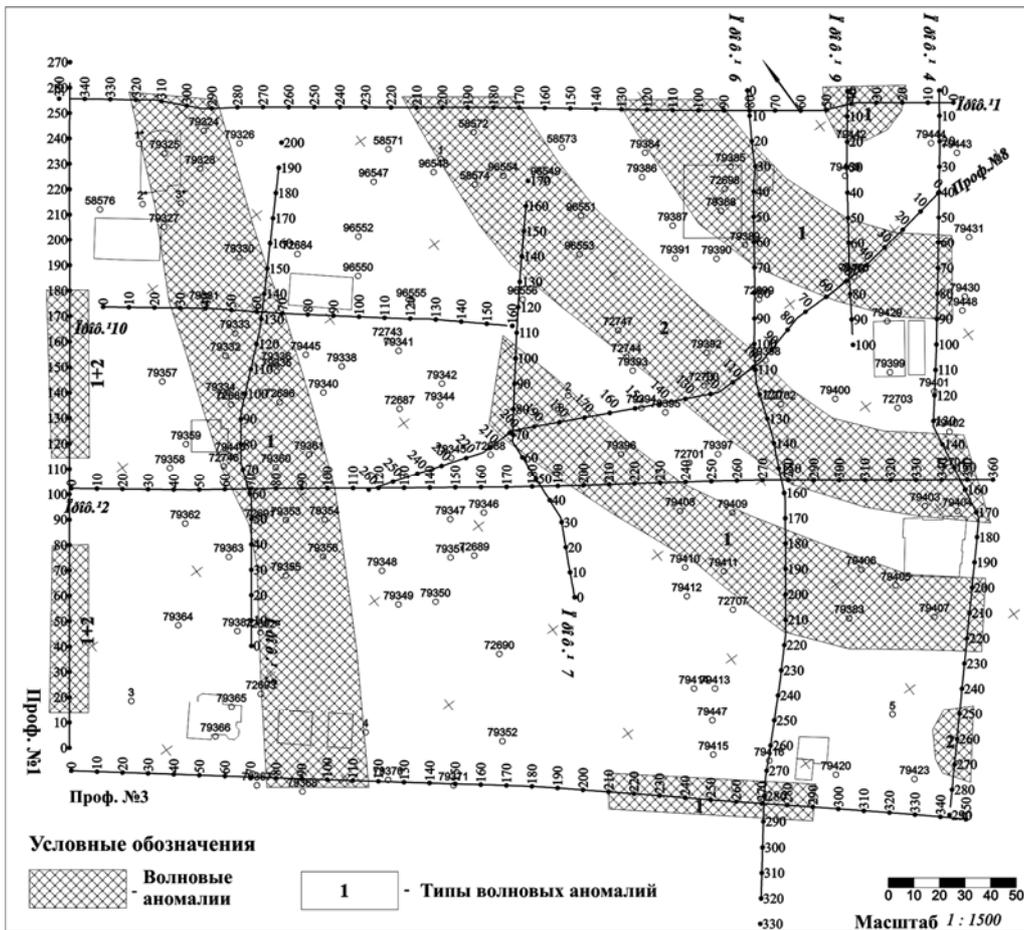


Рис. 1. Обзорная схема сейсморазведочных наблюдений

систем «Экспресс-ОГТ» и «SPS-PC» [3], включала широкий набор процедур: полосовая и обратная фильтрации, расчет и коррекция кинематических поправок, расчет остаточных фазовых сдвигов по программам коррекции статических поправок, вычитание наиболее интенсивных поверхностных волн-помех, коррекция формы сигнала, когерентная фильтрация.

Основными результатами цифровой обработки являются окончательные временные разрезы, их скоростные и динамические и аналоги (рис. 2). Временной разрез позволяет представить структуру геологического разреза во

временном масштабе. Скоростные характеристики отражают распределение значений эффективных скоростей в плоскости временного разреза. На динамических разрезах также во временном масштабе с помощью специально подобранной цветовой гаммы подчеркиваются различные амплитудные эффекты целевых отраженных волн.

На временных разрезах выделено четыре отражающих горизонта (ОГ). Первые два из них имеют привязку к конкретным геологическим элементам. Исходя из данных бурения и с учетом результатов скоростного анализа, представленных на скоростных

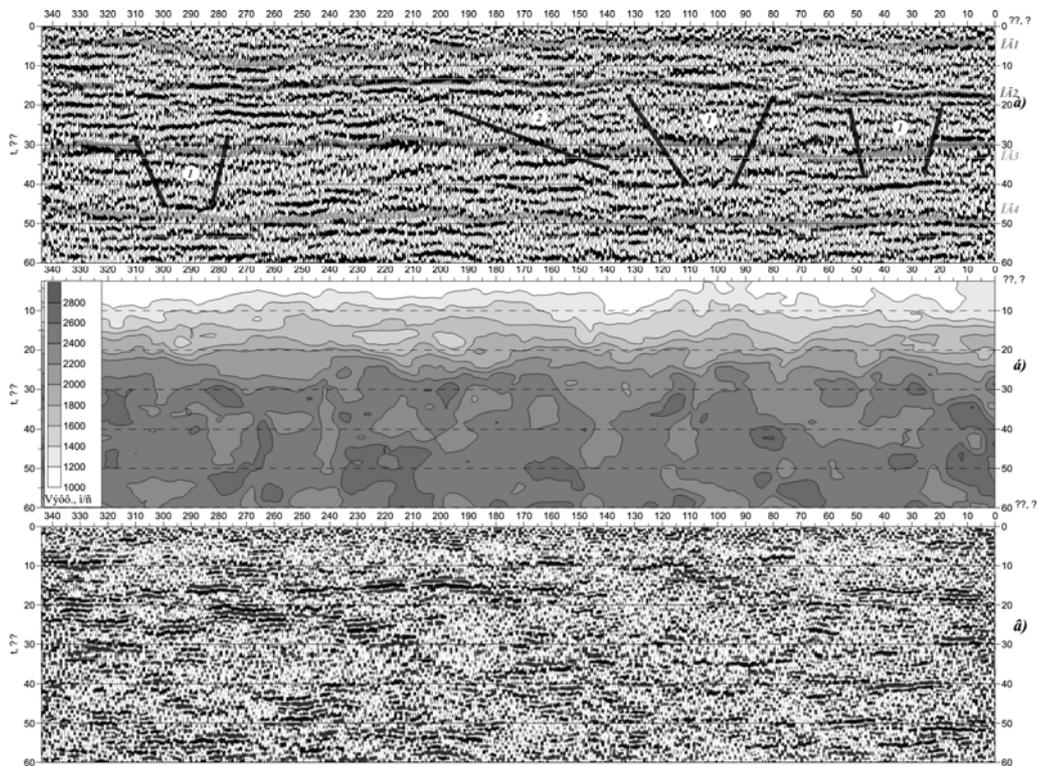


Рис. 2. Результаты обработки: временной разрез ОГТ (а), его скоростная (б) и динамическая характеристика (в)

характеристиках, первый ОГ - приурочен к кровле коренных среднепрочных габбро и находится на глубине около 3-7 метров. Данный горизонт на некоторых профилях выражен не достаточно четко. Это связано с невысокой кратностью наблюдений на времени до 10 мс и со значительным уровнем техногенных шумов (автотранспорт, ЛЭП) при полевых наблюдениях. Второй ОГ связан с кровлей прочного габбро. Его глубина оценивается в интервале от 16 до 20 м. Третий и четвертый ОГ имеют условную привязку, их образование связано с наличием физических (плотностных) границ в массиве габбро.

В интервале регистрации отражений от кровли габбро и его внутрен-

них границ (ОГ2-ОГ4) по особенностям волновой картины на всех профильных линиях, выделяется ряд участков. В их пределах отмечаются: 1) фазовые несогласия, 2) повышенное затухание интенсивности сейсмической записи («тусклые» пятна), 3) снижение значений скоростных характеристик.

Подобные участки могут быть вызваны зонами с пониженными прочностными свойствами породного массива, обусловленными тектоническими нарушениями. По ряду общих признаков выявленные волновые аномалии можно условно разделить на три типа.

Первый тип характеризуется четко выраженными вертикальными грани-

цами, трассируемыми по фазовым несогласиям отражающих границ. В пределах подобного ограниченного участка отмечается повышенное затухание интенсивности сейсмической записи и снижение значений скоростной характеристики «сквозного» распространения от ОГ2 до ОГ4. Подобный тип представлен на временном разрезе по профилю №1 (рис. 2, а) на участках, характеризующихся следующими удалениями от начала профиля: 20-50 м, 90-130 м и 280-320.

Второй тип характеризуется наличием одной наклонной границы, отделяющей снизу по фазовым несогласиям полого-наклоненную в плоскости временного разреза область повышенного затухания и пониженных значений скоростной характеристики. Подобный тип также представлен на временном разрезе по профилю №1 (рис. 2, а) на участке от 170 до 210 м от начала профиля.

Третий тип носит смешанный характер, когда границы, локализирующие предположительно ослабленный участок, выделяемый как в первом типе, имеет слабый наклон, как во втором. Подобного рода волновые аномалии выделены только на ряде других профильных линий.

Распространение отмеченных нарушений в пределах площади работ представлено на рис. 1. Волновые аномалии, объединенные в единые зоны, характеризуются в основном меридиональным простиранием. Кроме подобных вытянутых зон по ряду профилей выделены участки, отнесенные к разному типу волновых аномалий, но не протрассированные на соседние профильные линии: профиль № 1 (10-50 м), профиль №3 (200-290 м), профиль № 4 (250-275 м), профиль №6 (270-290 м), профиль № 9 (0-20 м), профиль № 11 (15-80 м, 115-180 м).

С целью изучения пространственных закономерностей в распределении свойств породного массива в исследуемом интервале разреза и выяснения геологической природы рассмотренных волновых аномалий, построены площадные схемы глубин ОГ и схемы скоростей распространения упругих волн в ограниченных ими интервалах (рис. 3).

Положение сейсмических волновых аномалий, в основном, коррелируется с преобладающими закономерностями в распределении структурно-физических параметров исследуемого интервала разреза. На схемах глубин всех отражающих горизонтов за исключением ОГ1 прослеживается выдержанное меридиональное простирание основных структурных элементов. Причем выдержанность несколько теряется с глубиной, т.е. для ОГ4.

К упомянутым структурным элементам относятся: 1) субмеридиональная вытянутая положительная структура, пересекающая в центральной части всю площадь исследований от профиля №3 (280-350 м) на профиль №1 (190-240 м), 2) цепочка положительных структур, составляющих также линейно вытянутую зону в северо-восточной части площади исследований от профиля №4 (195-235 м, 105-145 м) до профиля №9 (35-65 м), 3) относительно погруженная зона, расположенная между первой и второй положительными структурами, от профиля №6 (195-255 м) до профиля №8 (135-180 м), 4) линейная погруженная зона, расположенная на западном фланге центрального поднятия, от профиля №3 (25-125 м) до профиля №1 (255-290 м).

Области распространения волновых аномалий первого типа приурочены к прогибам и к участкам повышенных

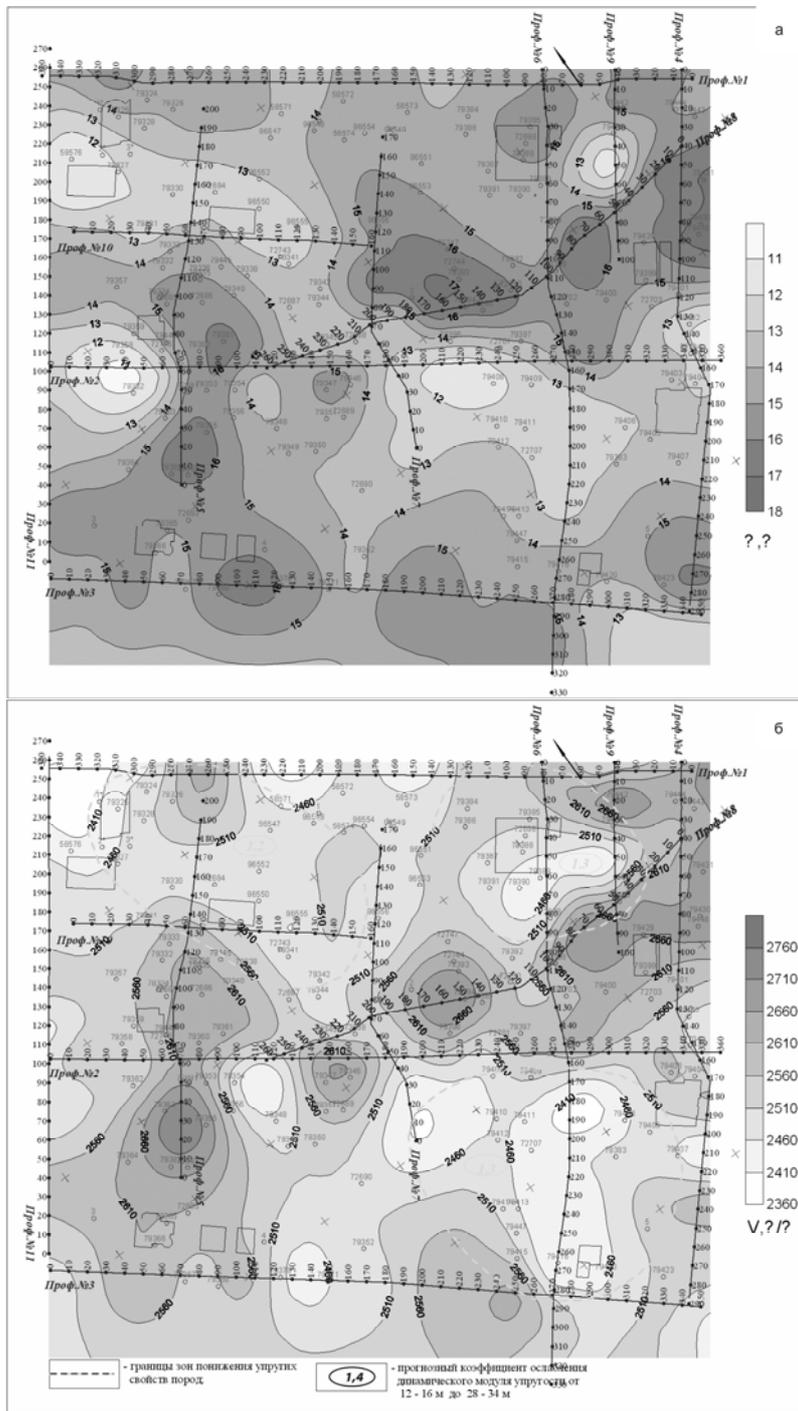


Рис.3. Площадные сейсмические построения: а – схема глубины ОГ2 (прочное габбро), б – схема распределения скоростей продольных волн в интервале «прочного габбро»

структурных градиентов в краевых частях особенностей рельефа выделенных отражающих горизонтов. С последними коррелируются и области распространения волновых аномалий второго типа.

Пространственные закономерности в изменении упругих свойств по разрезу для площади работ находятся в тесной взаимосвязи с особенностями рельефа рассматриваемых отражающих границ. Кроме объединенных низко-скоростных зон, выделяется ряд локальных отрицательных скоростных аномалий, в основном уже в «прочном» габбро-ОГ2-ОГ4 (рис. 3, б). Данные аномалии разбросаны в южной половине центральной части площади исследований.

Величину ослабления прочностных свойств в низкоскоростных зонах можно оценить, используя установленную в [4] зависимость между квадратом изменения скоростей продольных волн и изменениями динамического модуля упругости. Согласно данной зависимости, падение прочностных свойств может достигать для различных интервалов в выделенных трех зонах следующих значения - 1.4. раза.

Из совместного анализа структурных и скоростных построений очевидно, что все отмеченные области приурочены либо к поднятиям либо к участкам повышенных структурных градиентов. Подобная закономерность может быть вызвана повышенной трещиноватостью в местах наибольшего перегиба пластов, вызванного тектоническими явлениями. Волновые аномалии для всех изучаемых интервалов геологического разреза совпадают только с северо-восточной зоной снижения упругих свойств массива. Для юго-восточной зоны подобная корреляция отмечается для интервалов: до ОГ1, ОГ2-ОГ3 и ОГ3-ОГ4. Для северо-западной зоны корреляция наблюдается во всех интервалах, за исключением первого. Корреляция скоростных и волновых аномалий отражает вероятную обусловленность снижения упругих свойств массива масштабной структурной нарушенностью массива, очевидно более характерную для градиентных зон.

Последующее бурение инженерно-геологических скважин в основном подтвердило выделенные сейсморазведкой протяженные, «ослабленные» по прочностным характеристикам зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санфи́ров И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ. Екатеринбург, УрО РАН, 1996.
2. Многоканальный телеметрический сейсмоакустический регистратор IS-128.1. Руководство пользователя. INTRESEIS, Рига, Латвия. 2005.
3. SPS-PC. Система цифровой обработки и интерпретации. Руководство пользователя. Голярчук Н.М., Норильск, 2003.
4. Барях А.А., Константинова С.А., Асанов В.А. Деформирование соляных пород. Екатеринбург, 1996. **ИГАЗ**

Коротко об авторах

Санфи́ров И.А. – доктор технических наук, профессор, зам. директора Горного института УрО РАН, Пермь, sanf@mi-perm.ru
Мухамедшин А.М. – доктор геолого-минералогических наук, гл. научный сотрудник ГИ УрО РАН,
Ярославцев А.Г. – ГИ УрО РАН, arc@mi-perm.ru