

<sup>1</sup>Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,  
г. Киев

<sup>2</sup>Государственное предприятие “Киевский институт  
инженерных изысканий и исследований “Энергопроект”, г. Киев

## **КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

Сейчас в больших городах все острее встает вопрос о дефиците земельных ресурсов, вследствие чего строительные компании начинают возводить на небольших площадках высотные здания.

Увеличение высотности и усложнение конструкции сооружений обуславливает необходимость дальнейших методических разработок в области оценки качества геологической среды. Поэтому первоначальным заданием стала разработка комплекса инженерногеологических работ, который бы обеспечивал необходимую детальность и глубинность исследования территории будущего строительства. На сегодняшний день инженерногеологические условия г. Киева изучены на глубину до 20–30 м, чего явно недостаточно для расчета фундамента под здания большой этажности.

В работе представлен комплекс геофизических методов, который успешно используется при решении инженерногеологических задач (определение физико-механических характеристик грунтов, слагающих разрез, непрерывное прослеживание отражающих границ, которые отождествляются с кровлей и подошвой глины мергельной –  $P_2kv$ ) на территории строительных площадок г. Киева.

Данный комплекс исследований охватывает:

1. Межскважинное сеймопрозвучивание (МП). Эти исследования выполнялись с помощью комплекта аппаратуры и оборудования итальянской фирмы “*ISMES*”, состоящего из наземной части (блок усилителей и фильтров, осциллограф, плоттер, магнитный регистратор и импульсный блок высокого напряжения) и скважинных зондов (источники колебаний и приемники  $P$  и  $S$  волн).

Мощность источников – 100÷300 Дж, частота излучаемых волн до 1,5–2 кГц. Источник и приемник поперечных волн имеют пневматические прижимные устройства.

МП выполняется по системе параллельного перемещения источника и приемника от забоя до поверхности вдоль скважины. Обработка данных МП сводится к определению на полученных сейсмограммах времени первого вступления продольных и поперечных волн. В результате обработки материалов межскважинного прозвучивания определяют скорость продольных и поперечных волн и строят графики изменения этих параметров с глубиной.

Методикой предусматривается инклинометрия скважин.

**2. Высокорастворяющую сейсморазведку на поперечных волнах (ВСПВ).** Методика разработана в Сибирском отделении Института криологии РАН (А.Г. Скворцов). Использование этой методики позволяет работать в условиях высокого уровня промышленных помех [1]. Исследования выполняются по отдельным профилям. Регистрация волновой картины осуществлялась 24-канальной сейсмостанцией “Лакколит-24М” (Россия, НИИ приборостроения, г. Жуковский).

Методика основана на использовании отраженных поперечных волн и наиболее эффективно работает в условиях инверсионных скоростных разрезов (рис. 1). Инверсия скоростных разрезов определяется присутствием высокоскоростного поверхностного слоя незначительной мощности (слой сезонного промерзания, утрамбованные грунты, бетонные и асфальтовые покрытия). Такой слой кардинально изменяет структуру волнового поля поперечных волн.

Общеизвестно, что в условиях инверсных высокоскоростных разрезов изучение строения сейсмогеологического разреза с помощью продольных преломленных волн существенно усложнено или вообще невозможно. Вместе с тем присутствие в разрезе высокоскоростного слоя создает хорошие условия для надежной регистрации отраженных поперечных волн от границ, которые размещены на небольшой глубине.

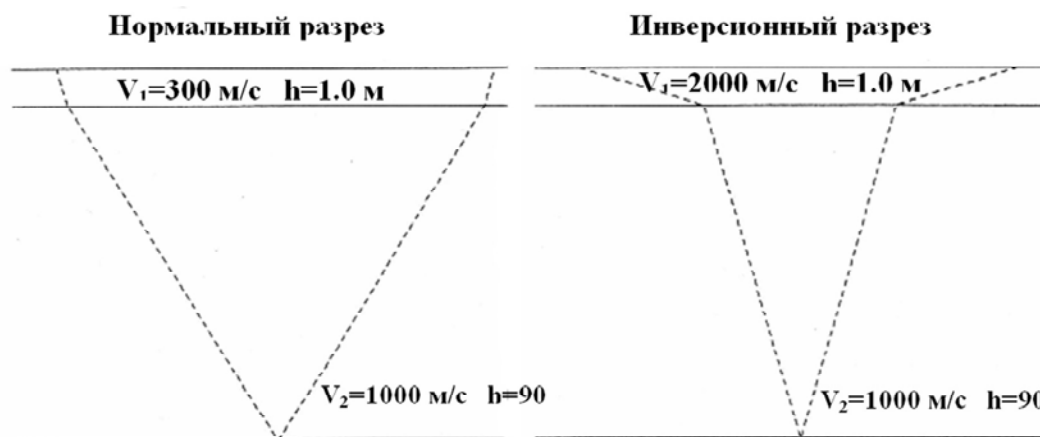


Рис. 1. Особенности кинематики отраженных  $SH$ -волн в условиях инверсионного скоростного разреза

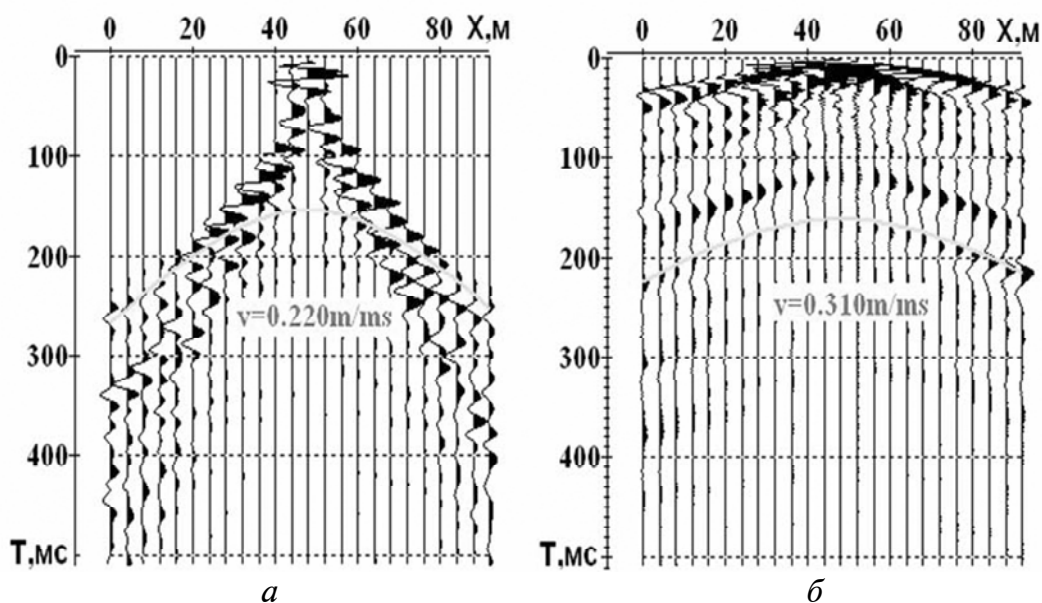


Рис. 2. Кинематика отраженных  $SH$ -волн: *a* – нормальный скоростной разрез (лето), *б* – инверсионный скоростной разрез (зима)

Использование ВСПВ при наличии инверсного скоростного разреза позволяет уверенно регистрировать эти волны, начиная с глубины 2–5 метров (рис. 2). При нормальном скоростном разрезе получение четких отраженных  $SH$ -волн возможно только от сейсмогеологических границ, которые размещены на глубине 10–15 м и более.

Для выполнения работ используется оригинальная технология возбуждения сейсмических колебаний, наблюдения проводят по схеме  $Y-Y$ , регистрация сейсмических колебаний производится одиночными горизонтальными сейсмоприемниками.

Расстояние между точками наблюдения составляет 1–5 м. В случае твердого поверхностного покрытия закрепление сейсмоприемников на профиле проводится с помощью небольших грузиков. Возбуждение сейсмических колебаний осуществляется ударным способом с помощью металлического или пластмассового молотка весом 0,5–2 кг. Используется режим накопления сейсмического сигнала. Для устранения из структуры регистрируемого волнового поля регулярных волн-помех с вектором поляризации в вертикальной плоскости использую систему суммирования с вычитанием.

**3.** Вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) 3-х компонентным ( $X, Y, Z$ ) зондом. Вертикальное сейсмическое профилирование выполнено для детального изучения скоростных характеристик геологического разреза с целью идентификации отраженных волн, которые регистрируются при наземных наблюдениях, ВСПВ.

При ВСП регистрируются волны, распространяющиеся по наклонным лучам, что дает возможность следить за изменением сейсмических харак-

теристик горных пород в зависимости от направления распространения волн и базы наблюдений.

При наблюдениях пункт возбуждения сейсмических колебаний располагался на расстоянии около 10 м от устья скважин. На каждом пункте возбуждения колебаний ударное устройство располагалось под углом  $\sim 45^\circ$  к горизонту, две серии разнонаправленных ударов регистрировались последовательно. В качестве скважинного прибора использовался специальный 3-компонентный зонд, который позволяет регистрировать одну вертикальную ( $Z$ ) и две горизонтальных ( $X$ ,  $Y$ ) составляющих упругих колебаний.

Регистрация и запись волновой картины выполнена цифровой 24-канальной сейсмостанцией “Лакколит-24М” в режиме накопления сейсмического сигнала. Шаг измерений по вертикали – 1 м.

4. Комплекс радиоизотопных методов исследований (гамма, гамма-гамма и нейтрон-нейтронный каротаж), для определения плотности и влажности грунтов в естественном залегании [2]. Исследования произведены серийными приборами ППГР-1 (плотномер) и ВПГР-1 (влагомер) в специально оборудованных сухих скважинах диаметром 50 мм, обустройство которых осуществлялось при помощи агрегата вибрационного бурения АВБ-2М. Измерения в скважинах выполняются при спуске зондов (от устья к забою), с интервалом 0,5 м.

Обобщенный геологический разрез одной из исследованных площадок представлен (сверху вниз до глубины 80 м) такими инженерногеологическими элементами (ИГЭ): насыпные грунты мощностью 3 м; песчано-глинистые отложения четвертичного возраста мощностью 11–12 м; отложения киевского горизонта –  $P_2kv$  (наглинок, глина мергельная) мощностью 16–17 м; пески и алевриты бучакского горизонта ( $P_2b\check{c}$ ) мощностью 24 м; отложения каневской свиты нижнего эоцена (песок, алеврит), мощность 18–19 м; мергельно-меловая толща ( $K_2t$ ).

Результаты обработки и интерпретации данных геофизических исследований позволили:

- выполнить статистическую обработку показателей плотности ( $\rho$ ), плотности скелета ( $\rho_d$ ) и влажности ( $W$ ) по каждому ИГЭ;
- рассчитать скоростные и прочностные характеристики для грунтов верхней части разреза [3, 4];
- построить временные и глубинные разрезы по сейсморазведочным профилям.

Следует отметить, что впервые на территории Киева были получены данные (МП, рис. 3), которые показывают, что пески бучакского горизонта в верхней части сухие. До этого бучакский водный горизонт считался напорным. По данным межскважинного прозвучивания достаточно четко вы-

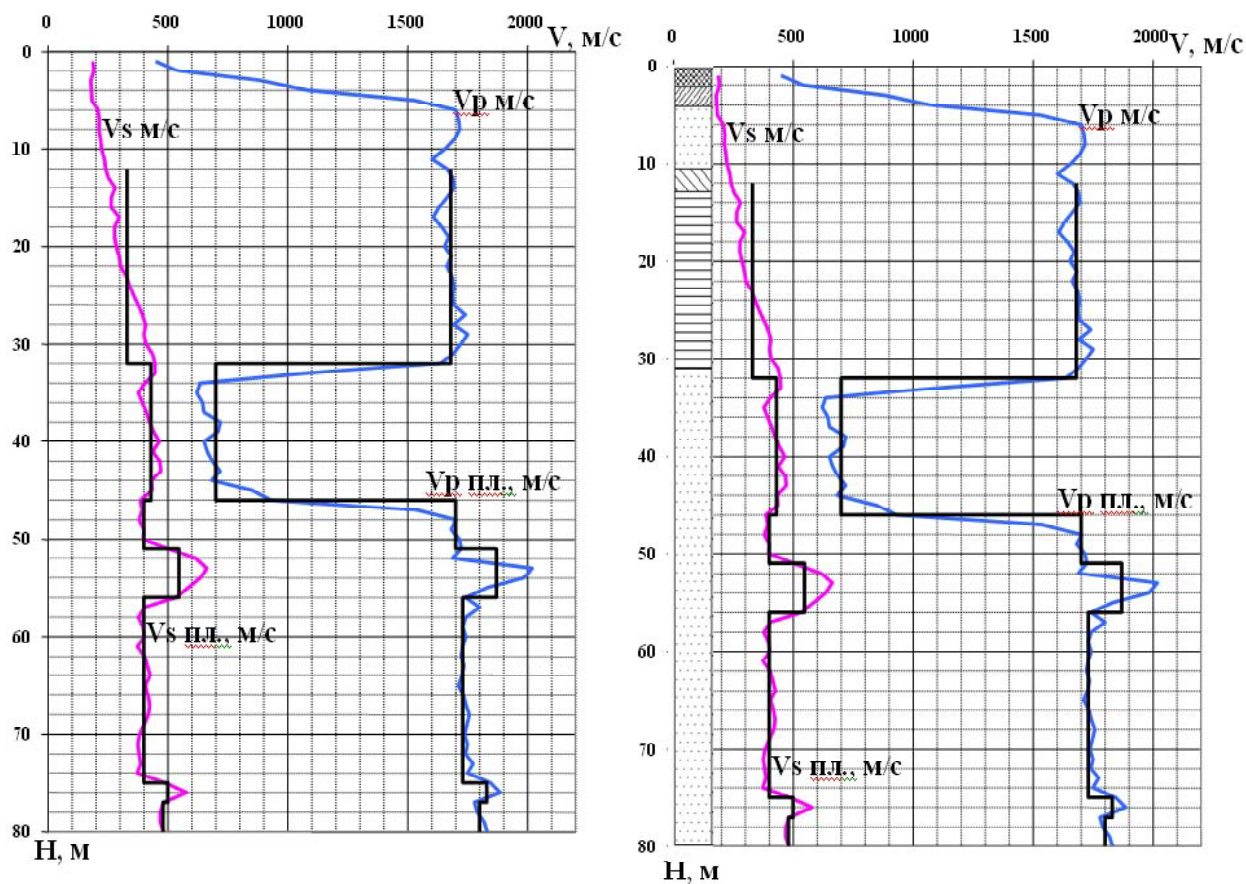


Рис. 3. Графики изменения  $V_p$  и  $V_s$  с глубиной (скв. 54a54b, Cross-hole)

деляются не обводненные отложения бучакского горизонта – скорость распространения продольных волн составляет 700 м/с (глубина 32–46 м) – и обводненные (скорость  $V_p = 1700$  м/с).

По данным высокоразрешающей сейсморазведки получена детальная информация о характере залегания отложений “киевского мергеля”, рельефе их кровли и подошвы.

На рис. 4 представлены временные разрезы по отдельным профилям, на которых достаточно четко прослеживаются отражающие горизонты, сопоставляемые с кровлей (ось синфазности на временах 90–110 мс) и подошвой (180–210 мс) отложений “киевского мергеля”, что соответствует глубине 15 и 32 м соответственно.

Особый интерес для инженерной геологии представляют результаты межскважинного прозвучивания, ВСП и радиоактивного каротажа. Эти данные позволяют рассчитывать прочностные характеристики под фундаментами сооружений в режиме мониторинговых исследований.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности предлагаемого комплекса геофизических исследований для решения инженерно-геологических задач при строительстве высотных зданий.

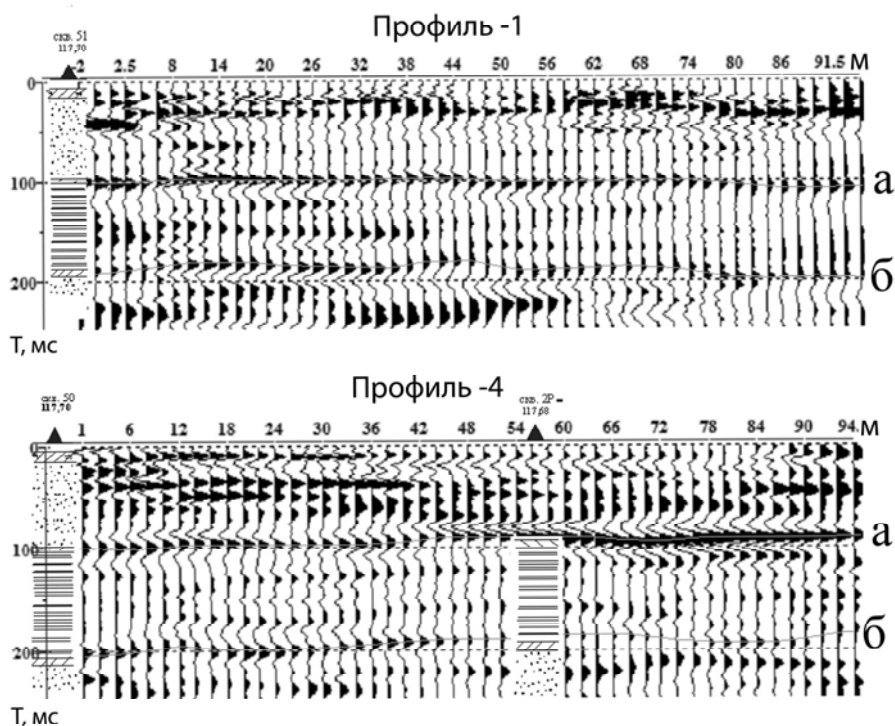


Рис. 4. Временные разрезы по данным ВСПВ: *а* — граница, предположительно, сопоставляемая с кровлей киевских мергелей; *б* — граница, предположительно, сопоставляемая с кровлей бучакских отложений

1. Скворцов А.Г., Дроздов Д.С. Опыт использования высокоразрешающей сейсморазведки на поперечных *SH*-волнах для изучения инженерногеологических условий на территории Москвы // Инженерногеологические проблемы урбанизированных территорий: Междунар. симп. – Екатеринбург, 2001. – Т. 1. – С. 177–183.
2. Осмачкин Б.П., Теплицкий А.Х. Контроль качества земляных работ радиоизотопными методами. – К.: Будівельник, 1979.
3. Горяинов Н.Н., Ляховицкий Ф.М. Сейсмические методы в инженерной геологии. – М.: Недра, 1977.
4. Никитин В.Н. Основы инженерной сейсмик. – М.: МГУ, 1981.