

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ НА ОСНОВЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Александр Сергеевич Сердюков

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник; Институт горного дела СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 54, младший научный сотрудник, e-mail: SerdyukovAS@ipgg.sbras.ru

Владимир Владимирович Оленченко

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, e-mail: OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru

Александр Викторович Яблоков

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, инженер, e-mail: YablokovAV@ipgg.sbras.ru

Глеб Станиславович Чернышов

Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, студент, e-mail: gleb_chern@mail.ru

Петр Александрович Дергач

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, инженер, e-mail: DergachPA@ipgg.sbras.ru

На реальных данных апробирована методика определения строения и физико-механических свойств толщи приповерхностных связных грунтов на основе сейсмических наблюдений. Суть подхода заключается в использовании распределений продольных и поперечных скоростей, получаемых на основе комбинирования метода МПВ и многоканального анализа поверхностных волн. Для восстановления физико-механических свойств используются корреляционные зависимости. Приведен пример обработки полевых данных. Удалось определить уровень грунтовых вод (верховодка), выявить зоны, подверженные размыванию и деформациям. Результаты были сравнены с разрезом, полученным методом электроразведки.

Ключевые слова: малоглубинная сейсморазведка, МПВ, многоканальный анализ поверхностных волн, связные грунты, грунтовые воды, электроразведка.

SEISMIC EXPLORATION OF NEAR SURFACE SOIL STRUCTURE AND PROPERTIES

Aleksander S. Serdyukov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Koptuyug Prospect 3, Ph. D., Researcher; Institute of Mining SB RAS, 630090, Russia, Krasny Prospect 54, Junior Researcher, e-mail: SerdyukovAS@ipgg.sbras.ru

Vladimir V. Olenchenko

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Koptuyug Prospect 3, Ph. D., Senior Researcher, e-mail: OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru

Aleksander V. Yablokov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Koptyug Prospect 3, Engineer, e-mail: YablokovAV@ipgg.sbras.ru

Gleb S. Chernyshov

Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, Pirogova Str. 2, Student, e-mail: gleb_chern@mail.ru

Petr A. Dergach

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Koptyug Prospect 3, Engineer, e-mail: DergachPA@ipgg.sbras.ru

We propose method of near surface soils structure and properties reconstruction using seismic data. The key idea is to utilize V_p and V_s profiles, constructed by combination of plus-minus and MASW methods. To obtain the physical and mechanical properties of soils the correlation formulas are used. The field data processing example is considered. The ground water level was found, zones subjected to deformations and erosion were detected. These results were compared with electrical resistivity cross-section.

Key words: near surface seismic exploration, MASW, soil properties, ground water level, geoelectrical methods.

ВВЕДЕНИЕ

При проведении инженерно-геологических изысканий актуальны исследования физико-механических свойств горных пород и грунтов *in situ*. Результаты камеральной обработки кернов могут не соответствовать состоянию грунтов в месте их залегания. Особенно эта проблема актуальна для дисперсных грунтов. В работе решается задача определения физико-механических свойств связанных дисперсных грунтов по данным сейсморазведки. Важнейшие свойства, такие как влажность W , предел текучести W_m , плотность ρ , плотность скелета $\rho_{ск}$, модуль общей деформации E_o , могут быть с хорошей степенью точности найдены из скоростных разрезов продольных V_p и поперечных V_s волн. Корреляционные формулы приведены в методических рекомендациях [1]. Стандартный подход обработки однокомпонентных данных при проведении инженерно-геологических изысканий заключается в восстановлении распределения скоростей продольных волн методом МПВ, а скорости поперечных волн – по палеткам Кнопва [1]. Преимущество предлагаемой в работе методики заключается в использовании фазовых скоростей псевдорелеевских поверхностных волн для восстановления скоростей поперечных волн.

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СКОРОСТНЫХ РАЗРЕЗОВ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН

Рассматриваются линейные системы наблюдений, оснащенные однокомпонентными вертикальными датчиками. Для построения скоростного разреза V_p используются времена первых вступлений волн. Для зоны малых скоростей характерны резкие перепады скоростей, наличие контрастных преломляющих

границ. Наиболее эффективным подходом является метод преломленных волн МПВ. Для восстановления распределения скоростей поперечных волн нами используется метод многоканального анализа поверхностных волн (MASW) [2]. Суть данного подхода сводится к построению слоистой модели на основе дисперсионных кривых фазовой скорости Релеевских волн. Данные кривые могут быть выделены при помощи спектрального анализа сейсмограмм за счет более высокого уровня энергии. Для задания начального распределения поперечных волн, границ слоев и значений продольных волн в слоях нами используется скоростной разрез, полученный при помощи МПВ.

МЕТОДЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СКОРОСТНЫХ РАЗРЕЗОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ

Интерпретировать границы раздела среды можно путем сравнения V_p и V_s . В случае уровня грунтовых вод (УГВ) скорости поперечных волн, в отличие от продольных, не претерпевают резких изменений [1]. В случае литологических границ, расположенных выше УГВ, наблюдаются изменения V_p и V_s . Для литологических границ ниже УГВ могут наблюдаться резкие изменения V_s при незначительных изменениях V_p [1]. Важно использовать априорную геологическую информацию. Полезны также данные электроразведки. Определение физических и механических свойств связных дисперсных грунтов основано на корреляционных зависимостях, взятых нами из методических рекомендаций [1]. Данные формулы справедливы для неводонасыщенных грунтов выше УГВ при влажности менее 30 %. При сильном водонасыщении продольная волна фактически распространяется по жидкости и ее скорость слабо зависит от свойств породного скелета.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ПОЛЕВЫХ ДАННЫХ

Сейсморазведочные малоглубинные исследования были проведены в пригороде г. Новосибирска 08-10 октября 2015 года вдоль дороги Академгородок – Ключи в районе реки Каменушка. Расстояние между приемниками линейной системы наблюдений составляло 1 м. Использовались однокомпонентные вертикальные 10-герцовые сейсмоприемники. Пункты возбуждения (ПВ) располагались вдоль профиля наблюдений на расстоянии 5 м друг от друга. Во всех ПВ для возбуждения колебаний использовалась кувалда весом 5 кг, удары которой наносились по металлической подложке. На исследуемом участке дороги наблюдаются деформации дорожного полотна (просадки), плавуны. На рис. 1. показаны скоростные разрезы продольных (вверху) и поперечных (внизу) волн. Граница в районе 4 м была интерпретирована как уровень грунтовых вод.

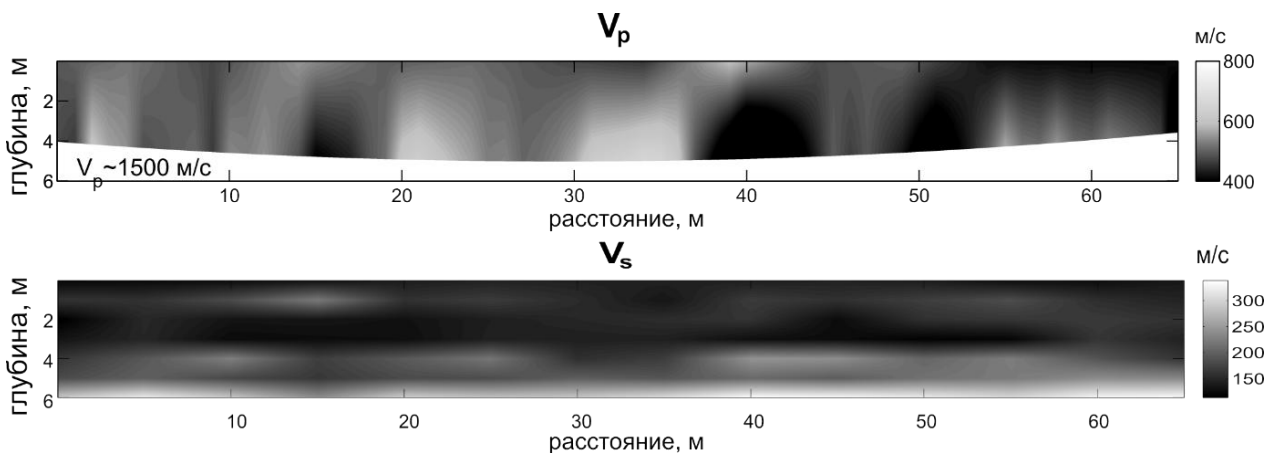


Рис. 1. Скоростные разрезы продольных (вверху) и поперечных (внизу) волн

На рис. 2 приведены результаты восстановления распределения свойств грунтов до глубины 3 м. На верхней части рис. 2. показано полученное отношение предела текучести к влажности. Значения, близкие к единице, являются индикатором перехода в текучее состояние при небольшом повышении влажности. В нижней части рис. 2 приведен модуль общей деформации, характеризующий сжимаемость грунта. Области с низкими значениями этого показателя наиболее подвержены деформациям. На рис. 3 приведен геоэлектрический разрез. Судя по всему, грунты представляют собой супеси. Наблюдаемые проблемные участки: просадки на участке профиля 12-24 м, плавуны (43-56 м) – соответствуют изменениям свойств. Прослеживается корреляция и с геоэлектрическим разрезом (зоны низкого УЭС в верхней части разреза на рис. 3). Некоторые несовпадения результатов сейсмических и геоэлектрических исследований могут быть связаны с тем, что исследования этими методами проведены с разницей в два месяца.

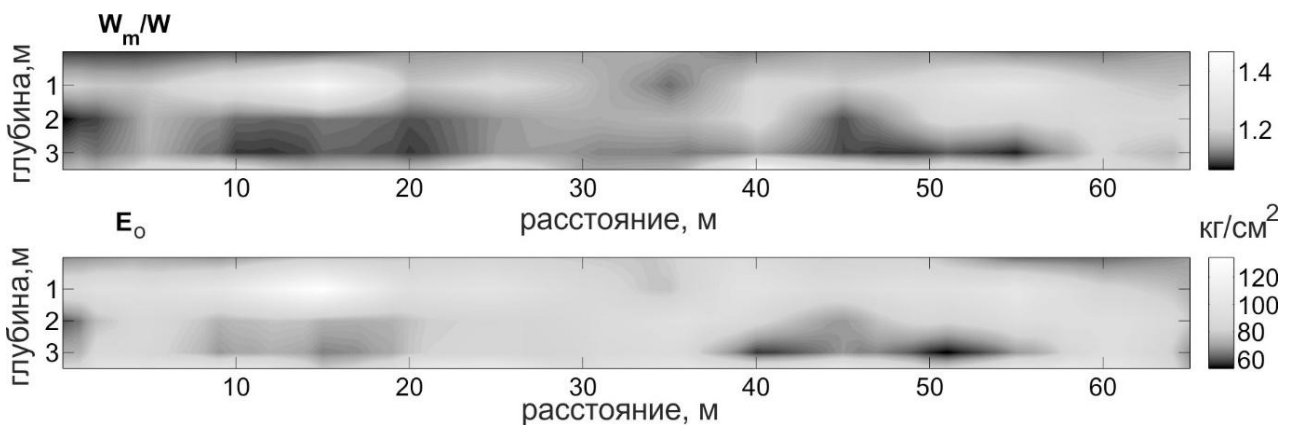


Рис. 2. Распределения свойств грунтов

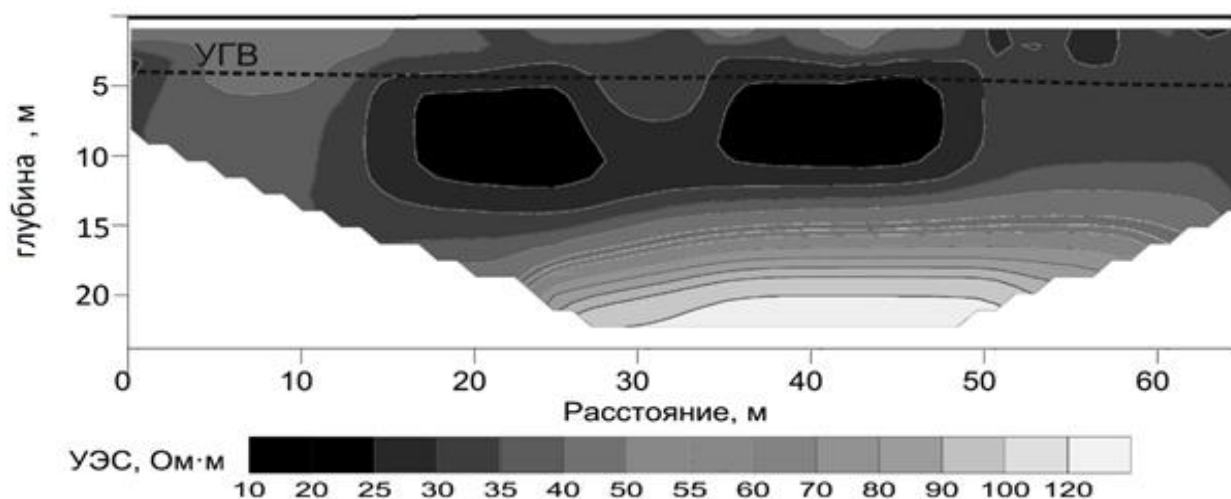


Рис. 3. Геоэлектрический разрез

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрена задача исследования свойств связных грунтов на основе сейсмических наблюдений. Предложена методика построения разрезов сейсмических скоростей на основе преломленных и поверхностных волн. Физико-механические свойства определяются по корреляционным формулам. Приведен пример обработки полевых данных.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, грант РФФИ № 16-35-60062.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по применению сейсмоакустических методов для изучения физико-механических свойств грунтов. – М.: Изд-во Всесоюзного научно-исследовательского института транспортного строительства, 1976. - 71 с.
2. Park С.В., Miller R.D., Xia J., Ivanov J. Multichannel analysis of surface waves (MASW)—active and passive methods // The Leading Edge. - 2007. - Vol. 26. - N 1. - P. 60-64.

© А. С. Сердюков, В. В. Оленченко, А. В. Яблоков,
Г. С. Чернышов, П. А. Дергач, 2016