

УДК 550.34

ПРИМЕР КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ
СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ
В ДОЛИНЕ РЕКИ АВАЧА.

Лунгул О.А., Павлова В.Ю.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
г. Петропавловск-Камчатский*

*Научные руководители:
с.н.с. Константинова Т.Г., к.г.-м.н. Делемень И.Ф.*

В работе представлены результаты комплексных геолого-геофизических исследований, которые выполнялись с целью выявления особенностей структуры рыхлых отложений в долине р. Авача с привлечением так же результатов буровых работ, проведенных ранее ОАО «КамчатГИСИЗ». Сейсморазведочные работы проводились в варианте корреляционного метода преломленных волн (КМПВ), что позволило не только построить сейсмические разрезы с демонстрацией геометрии границ разделов в разрезе грунтов, но и получить их скоростные характеристики. Результаты интерпретации сейсморазведочных данных подтверждаются георадиолокационным профилированием и инженерно-геологическим разрезом II по скважинам № 44 и № 45. Комплексирование сейсморазведочных работ с георадиолокационным профилированием обеспечивает более уверенное представление о строении приповерхностной части разреза рыхлых отложений долины р. Авача.

Ключевые слова: корреляционный метод преломленных волн, георадиолокационное профилирование, рыхлые отложения, река Авача.

В октябре 2011 года ООО НИЦ «Геоконсалтинг» выполнило сейсморазведочные работы в комплексе с георадиолокационным профилированием на двух участках в долине р. Авача (рис. 1).

Необходимость проведения геофизических работ возникла в связи с тем, что на данной площадке в случае сильного землетрясения следует ожидать разрушения инфраструктуры и части дорожного полотна, связывающих г. Петропавловск-Камчатский с другими населенными пунктами. Более того, детальные исследования на рассматриваемом участке не проводились уже много лет, хотя их необходимость обуславливается сменой нормативной исходной сейсмичности в Елизовском районе в связи с ут-

верждением новых карт общего сейсмического районирования (ОСР - 97) территории России.

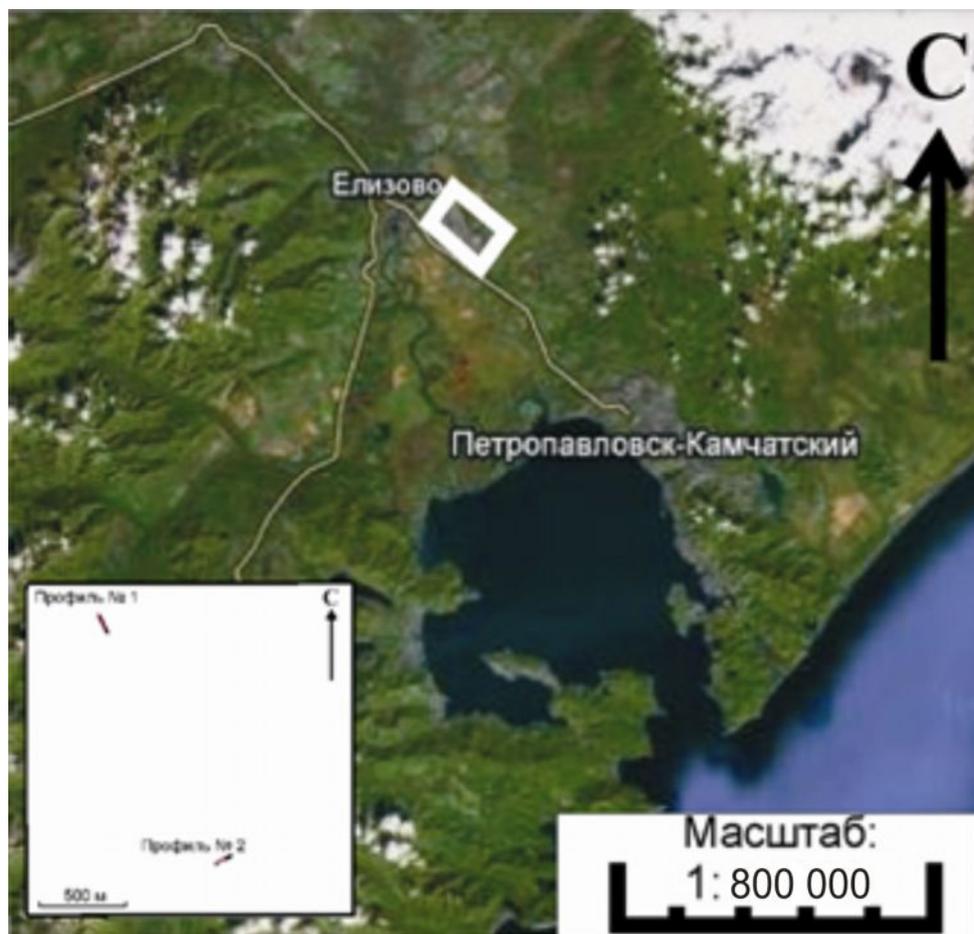


Рис. 1. Район проведения геофизических работ. На врезке в левом нижнем углу показана схема расположения геофизических профилей, белой рамкой обозначено местоположение участка исследования.

Действительно, в соответствии с ранее действовавшей до 2000 г картой сейсмического районирования (ОСР – 74), город Елизово относился к 8-ми балльной зоне, а район исследуемой площадки – к 9-ти балльной зоне. Согласно карте общего сейсмического районирования (ОСР - 97), действующей согласно СНиП II-7-81* с 2000 года как нормативный документ, город Елизово включен в 9 балльную зону, что автоматически утвердило сейсмичность исследуемой нами площадки на уровне 10-ти баллов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Все полевые работы проводились в соответствии с действующей Инструкцией по сейсморазведке, а так же нормативного документа РСН-66-87 [1, 2].

Использовалась 24-канальная сейсмостанция «Лакколит 24-МЗ» и сейсмоприемники GS-20.DX (вертикальные). Полная расстановка (длина) косы (24 канала) при шаге между приемными каналами - 2,5 м, достигает для каждого профиля – 57,5 м. Возбуждение упругих колебаний осуществлялось с помощью ударов «тампером» по 8 – 12 ударов на каждой точке. Глубинность исследований составила 25 и 30 м, для 1-ого и 2-ого профилей, соответственно.

Для проведения георадиолокационного профилирования использовали прибор «Георадар “ОКО” АБ-250» с центральной частотой 250 МГц, глубиной зондирования 8 м и разрешающей способностью 0,25 м. По параметру глубинности исследований методы перекрываются в области 2 – 10 метров. При этом георадиолокация обеспечивает более высокую разрешающую способность в верхней части разреза, тогда как сейсморазведка обеспечивает просвечивание нижней части разреза на больших глубинах. С помощью георадарного просвечивания можно увидеть, например, локализацию мелких и замкнутых неоднородностей, распространенных в приповерхностной части разреза грунтов, которые недоступны сейсморазведке. Для обоих методов наличие неоднородностей (акустической жесткости – для сейсморазведки и диэлектрической проницаемости (ϵ) – для георадиолокации) определяются в большинстве случаев одними и теми же причинами – структурой, текстурой пород, их обводненностью и другими причинами, имеющими природное или техногенное происхождение.

Различия в степени контрастности среды и различия в степени затухания упругих и электромагнитных волн определяют различия в структуре

волновых полей и, как следствие, методические возможности каждого из методов. При изменении влажности в песках на 10-15% кинематика и динамика электромагнитных волн изменяется весьма значительно за счет изменения условий поляризации, проводимости и диэлектрической проницаемости. В то же время, такое изменение влажности не приводит к существенным изменениям упругих характеристик среды и не вызывает заметных изменений в кинематике и динамике сейсмических волн.

На профиле № 2 были дополнительно выполнены электроразведочные работы методом вертикального электрического зондирования с использованием прибора «ЭРП-1». Длина электроразведочного профиля составила 40 м, глубина зондирования – 20 м (рис. 4).

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По полученным сейсмограммам были построены системы встречных и нагоняющих годографов, инверсия которых представлена в виде сейсмических разрезов по профилям №№ 1 и 2 (рис. 2, 3). Сейсмические разрезы демонстрируют геометрию границ и скоростные параметры грунтовых толщ.

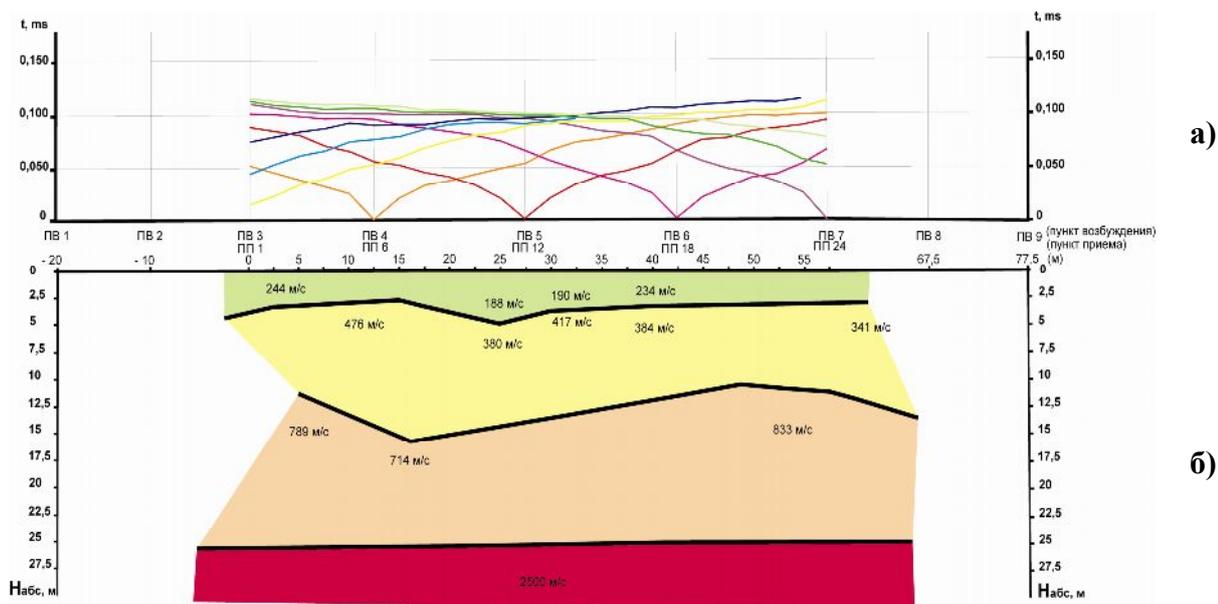


Рис. 2. Система встречных и нагоняющих годографов (а) и сейсмический разрез по профилю № 1 (б). Цифры в слое – скорости продольных волн в м/с.

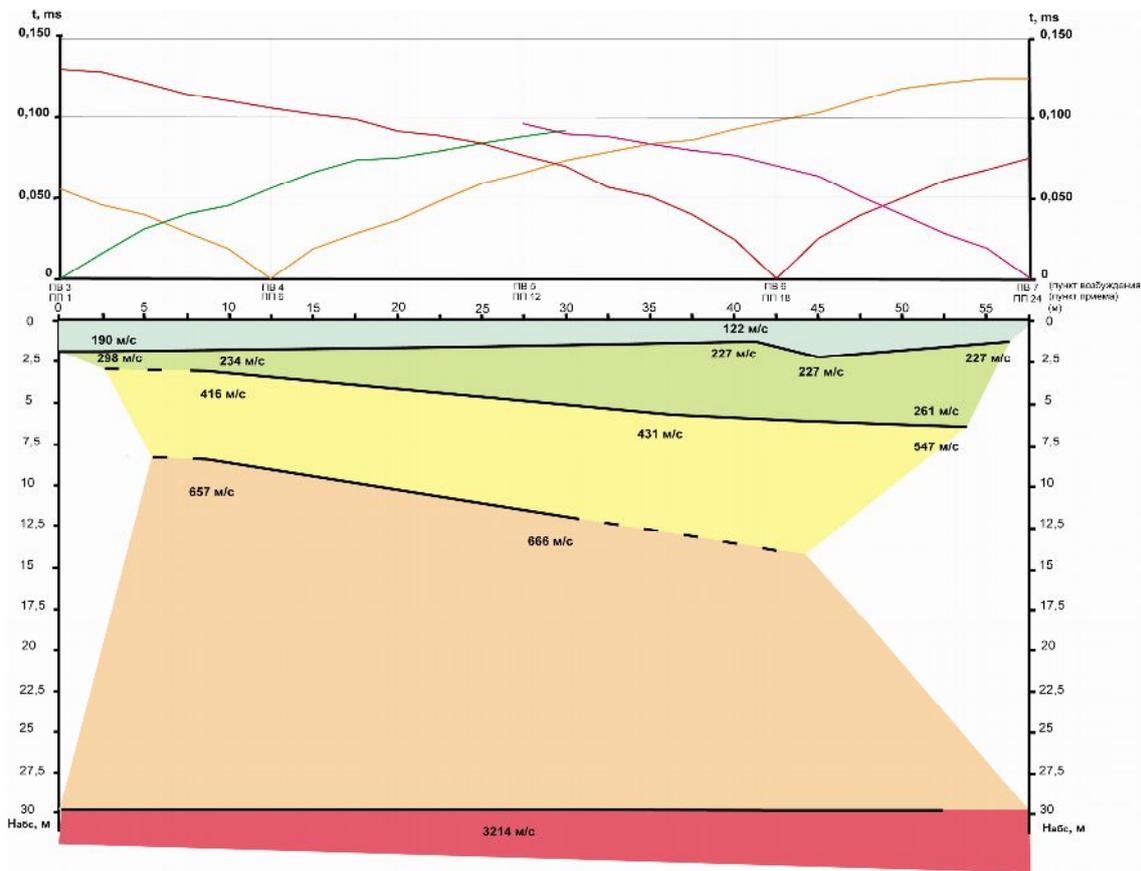


Рис. 3. Система встречных и нагоняющих годографов (а) и сейсмический разрез по профилю № 2 (б). Цифры в слое – скорости продольных волн в м/с.

Скорости продольных волн в верхних 5 м разреза рыхлых отложений варьируют в пределах 122 — 476 м/с. Скорости продольных волн в галечниковых отложениях изменяются в зависимости от процентного содержания заполнителя и показателя влажности. На глубинах более 10 метров значения скоростей продольных волн изменяются от 714 до 833 м/с. Так при 30 % заполнении песком и супесью маловлажные галечниковые отложения имеют скорости продольных волн $V_p = 740$ м/с. Необходимые пески средней крупности имеют скорости продольных волн $V_p = 666$ м/с. Нижний слой коренных пород со скоростью сейсмических волн $V_p = 2500$ м/с залегает на глубине 25 и 30 метров на первом и втором профилях соответственно.

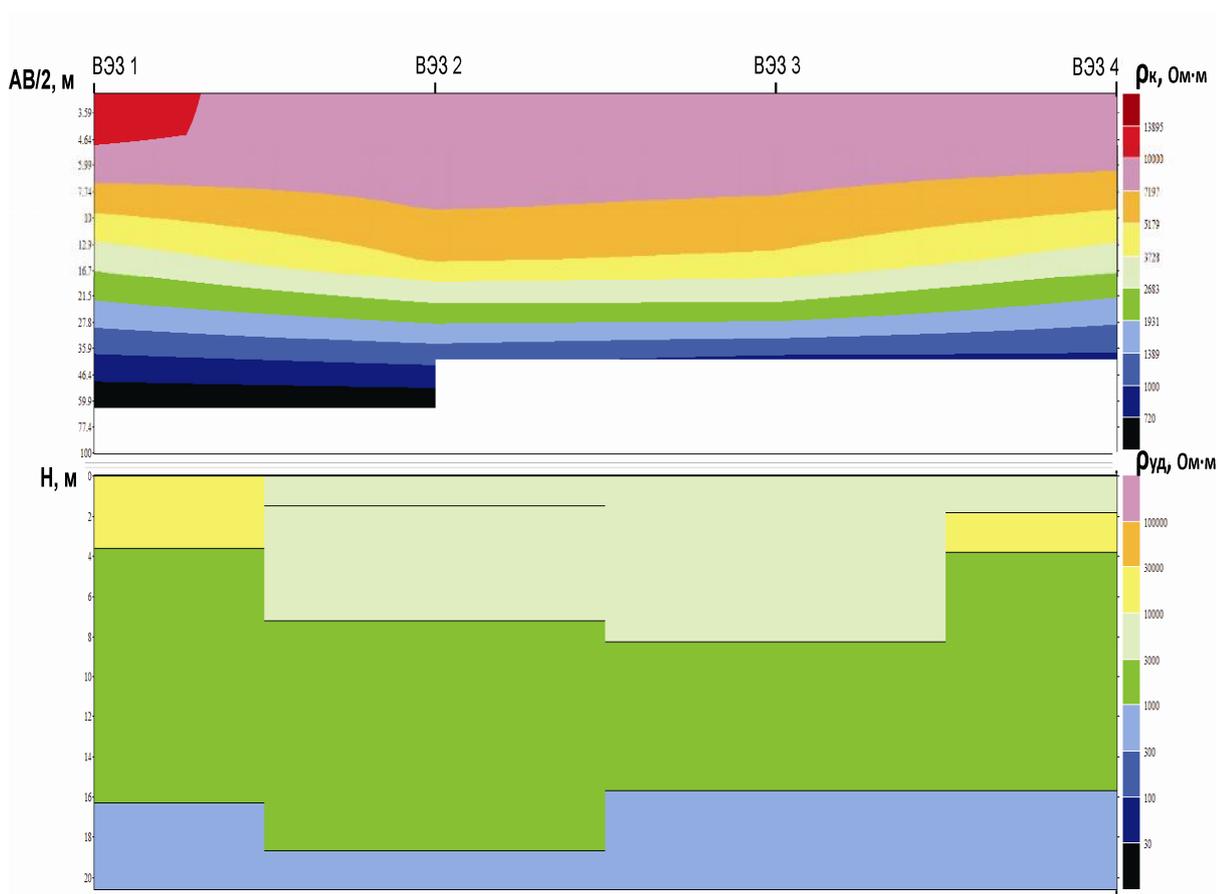


Рис. 4. Результаты электроразведочных работ с использованием метода вертикального электрического зондирования. Профиль № 2. Составил: И.А. Федорченко.

На верхнем рисунке - графики кажущегося электрического сопротивления (по горизонтали – расстояние в м). На нижнем рисунке – геoeлектрический разрез (удельного электрического сопротивления). Желтый цвет - ≥ 10000 , светло-зеленый - ≥ 9000 , темно-зеленый - ≥ 1000 и синий – от 350 до 380 Ом·м.

Результаты электроразведочных работ хорошо согласуются с сейсмическим разрезом по профилю № 2. Подтверждается предположение о большой глубине залегания грунтовых вод. На геoeлектрическом разрезе в верхнем левом углу до глубины 4 м выделяется область с высоким значением $\rho_{уд}$. Заметим, что и на сейсмическом разрезе в этой области отмечено повышенное значение скорости продольных волн. Полученные данные свидетельствуют о том, что возможно на данном участке профиля в слое встречаются обломки бетонной плиты.

В результате проведения георадиолокационного профилирования были получены радарограммы по профилю № 1 и № 2 (рис. 5 а, б). Волно-

вые картины электромагнитного зондирования представлены совокупностью трасс вдоль профиля съемки, на которых амплитуда отраженного электромагнитного сигнала определяется величиной изменения диэлектрической проницаемости на границах раздела.

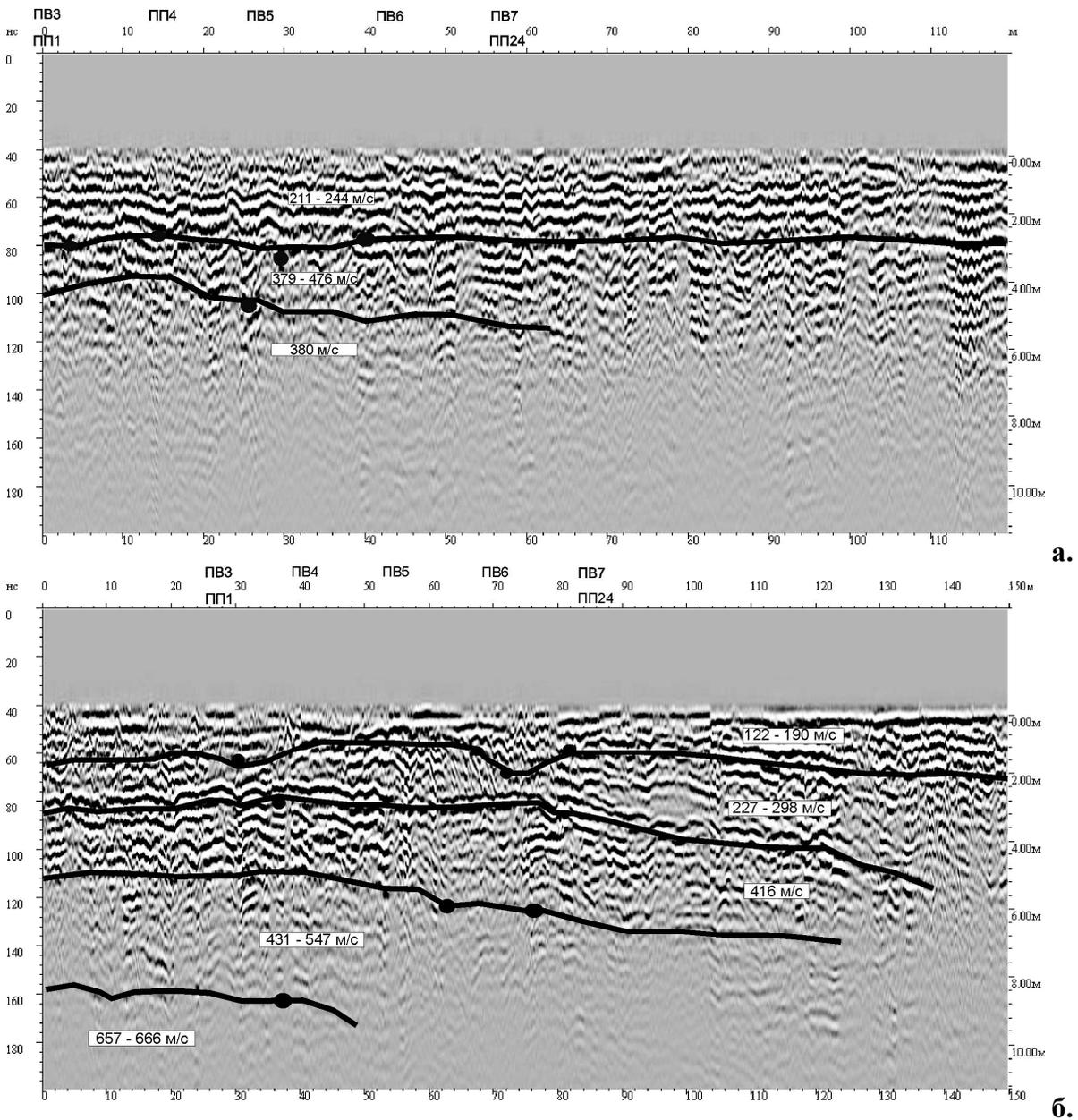


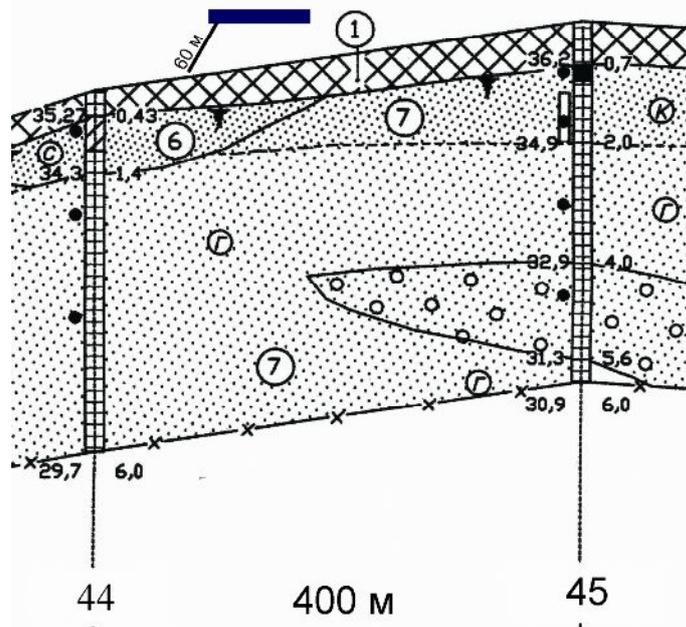
Рис. 5. Сопоставление сейсмических границ и радарограмм по профилям 1 (а) и 2 (б). Черными линиями обозначены сейсмические границы; цифрами в слоях – скорости продольных волн в м/с; ПВ 3 - ПВ 7 – пункт возбуждения упругих колебаний; ПП 1 - ПП 24 – пункт приема сигнала. По горизонтали отложено расстояние в метрах, по вертикали (слева) – шкала радарограммы в нс, по вертикали (справа) – абсолютная глубина в метрах.

Сопоставление сейсмических границ с радарограммами проиллюстрировано на рисунке 5.

По корреляции осей синфазности на радарограмме по профилю № 1 можно уверенно выделить 2 границы (описание сверху вниз). Первая граница регистрируется на временах порядка 80 нс, что соответствует глубине около 3 м при скорости распространения электромагнитной волны $V = 3,75$ см/нс и диэлектрической проницаемости $\varepsilon = 64$. При сопоставлении с инженерно-геологическим разрезом (рис. 6) видно, что на данной глубине залегают крупнозернистые пески. Вторая граница регистрируется на временах порядка 100 нс, что соответствует глубине около 4 м при скорости распространения электромагнитной волны $V = 5$ см/нс и диэлектрической проницаемости $\varepsilon = 36$.

По корреляции осей синфазности на радарограмме профиля № 2 можно выделить 4 границы (описание сверху вниз). Первая граница регистрируется на временах порядка 50-60 нс, что соответствует глубине около 2 м, скорость распространения электромагнитной волны $V = 4$ см/нс, диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 56$. Вторая граница регистрируется на временах порядка 80 нс, которая соответствует глубине около 3 м и постепенно погружается до глубины 5 м, скорость распространения электромагнитной волны $V = 3,75$ см/нс, а диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 64$. Третья граница регистрируется на временах порядка 110 нс, что соответствует глубине около 6 м и постепенно погружается до глубины около 7 м, при скорости распространения электромагнитной волны $V = 5,4$ см/нс, диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 30$. Четвертая граница просматривается на временах порядка 160 нс. Это соответствует глубине около 9 м при скорости распространения электромагнитной волны $V = 5,6$ см/нс и диэлектрической проницаемости $\varepsilon = 28$.

Инженерно-геологический разрез II.



Условные обозначения:

А. Грунты техногенные (tV):

ИГЭ-1. Бетон, асфальтобетон и насыпные грунты: песок армеллистый, галечниковые и гравийные грунты

Б. Грунты биогенные (bIV):

ИГЭ-2. Почвенно-растительный слой (bIV)

ИГЭ-3. Торф слабообразовавшийся (bIV)

В. Грунты пролювиальные (pIV):

ИГЭ-5. Песок пылеватый

ИГЭ-6. Песок средней крупности

ИГЭ-7. Песок крупный (а), песок армеллистый (б)

ИГЭ-8. Валунистый (а), галечниковый (б), гравийный (в) грунт с песком

Г. Прочие обозначения:

ИГЭ-И Номер инженерно-геологического элемента (ИГЭ)

Границы инженерно-геологических элементов: а) установленные б) предполагаемые

- геофизический профиль № 1

Рис. 6. Инженерно-геологический разрез II. Данные ОАО «КамчатГИСИЗ».

Обращает на себя внимание тот факт, что незначительное изменение содержания воды в песке и в почвах приводит к большим изменениям диэлектрической проницаемости, что сказывается на информативности радарограмм.

ВЫВОДЫ

Представленные результаты интерпретации сейсморазведочных данных подтверждаются георадиолокационным профилированием и инженерно-геологическим разрезом II по скважинам № 44 и № 45.

В результате выполнения сейсморазведочных работ в комплексе с георадиолокационным профилированием стало возможным более уверенно судить о строении приповерхностной части разреза рыхлых отложений на изученных участках левобережья долины реки Авача. Выполненные инструментальные исследования на данной стадии изысканий позволили частично охарактеризовать в скоростном отношении инженерно-геологические разности грунтов, определить диэлектрическую проницае-

мость и скорость электромагнитных волн в приповерхностной части разреза рыхлых отложений долины р. Авача.

Полевые сейсморазведочные работы выполнены Е.С. Рыловым, А.Б. Бубновым, Н.Ю. Берсеновой и С.А. Теофилактовым, электроразведочные работы методом вертикального электрического зондирования – И.А. Федорченко, Е.С. Рыловым, А.Б. Бубновым. Обработка и интерпретация сейсморазведочных данных выполнена О.А. Лунгул. Георадиолокационное профилирование: полевые работы, обработка и интерпретация – В.Ю. Павловой.

В процессе работы полезные консультации были получены от Г.И. Аносова, за что авторы выражают ему благодарность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по сейсморазведке. Москва 1986 г
2. РСН 66-87. Технические требования к производству геофизических работ. Сейсморазведка. Госстрой РСФСР.

EXAMPLE USING INTEGRATED SEISMIC SURVEYS AND GEORADAR PROFILING IN THE VALLEY AVACHA RIVER.

Lungul O. A., Pavlova V. Yu.

*Institute of Volcanology and Seismology FED RAS
Petropavlovsk-Kamchatsky*

This paper is devoted the method of integrated seismic method and georadar profiling in Avacha river valley. The research was presented as the creation of lateral seismic cross sections, identified soil permittivity, the propagation velocity of seismic waves and electromagnetic waves in the layers. The result of seismic work is related to conjunction of georadar profiling that provide possible to judge more confident about the structure of the subsurface part of the thick of unconsolidated sediments of the left bank of Avacha river valley.

Keywords: the seismic method, georadar profiling, unconsolidated sediments, Avacha river.