

УДК 550.34

## АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПЛОЩАДКЕ ДОМА КУЛЬТУРЫ В ГОРОДЕ ПЕТРОПАВЛОВСКЕ-КАМЧАТСКОМ

*Лунгул О.А.*

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

*Научные руководители:*

*к.г.-м.н. Делемень И.Ф., с.н.с. Константинова Т.Г.  
1),*

В ноябре 2011 года на площадке рядом с Домом культуры в районе судоремонтной верфи в городе Петропавловске-Камчатском были выполнены сейсморазведочные работы по методу преломленных волн. Проведен анализ сейсмических условий данной площадки. В работе представлены результаты сейсморазведочных работ с привлечением фондовых материалов.

*Ключевые слова: сейсмические условия, корреляционный метод преломленных волн, скорости сейсмических волн.*

В ноябре 2011 года с целью уточнения сейсмичности площадки Дома культуры в районе судоремонтной верфи города Петропавловска-Камчатского ООО НИЦ «Геоконсалтинг» были проведены сейсморазведочные работы (рис. 1).

Городской Дом Культуры «СРВ» (ГДК «СРВ»), как социально-значимый объект, был сдан в эксплуатацию в 1963 году, с тех пор капитальный ремонт здания проводился частично. Необходимость проведения геофизических работ возникла в связи с ожидаемым на Камчатке сильным землетрясением, вследствие которого может пострадать жилой фонд, основные объекты и системы жизнеобеспечения в Петропавловск-Камчатском городском округе.

На карте сейсмического микрорайонирования г. Петропавловска-Камчатского 1974 г. [2, 4, 6], изученная площадка расположена в южной части города в пределах зоны с сейсмической опасностью VIII и IX баллов.

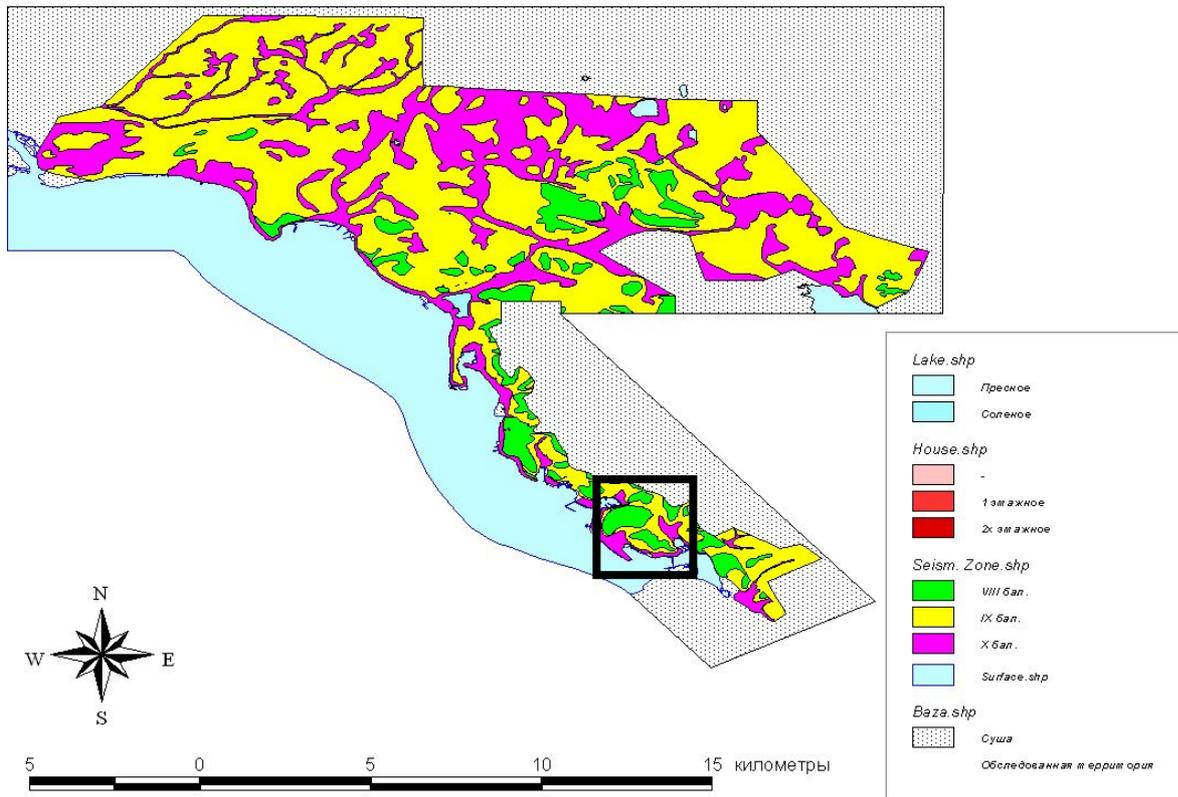


Рис. 1. Электронная карта сейсмического микрорайонирования г. Петропавловска-Камчатского масштаба 1:10000 [2]. Черным квадратом показан район проведения работ.

По этой карте территория города разделена на VIII, IX и X – балльные зоны.

К VIII–балльной зоне отнесены районы с лучшими в сейсмическом отношении грунтами. Это районы сопки Мишенной, Безымянной, Зеркальной, Петровской, Никольской и некоторых безымянных сопки в юго-западных и южных частях города. Грунты этих участков представлены скальными породами, выходящими на поверхность или покрытыми слоем наносов 3-5 м, уровень грунтовых вод ниже 5 м, а также сухой галечниково-террасой на северо-восточном склоне сопки Мишенной.

К IX-балльной зоне отнесены участки, опоясывающие нижние склоны всех сопки и слабо всхолмленные равнинные участки. Грунты здесь – устойчивые, покровы алювиально-делювиальных каменисто-щебенистых супесей и суглинков мощностью больше 5 м, песчано-галечные сухие

грунты высоких дельтово-морских террас; мощные пирокластические отложения, состоящие из валунов и гальки с суглинистым и супесчаным заполнителем, сухих или с уровнем грунтовых вод ниже 5 м.

К X-балльной зоне отнесены участки наиболее слабых грунтов в районе города, состоящих из обводненной суглинков севернее сопки Петровской; насыпных или намывных грунтов с высоким уровнем грунтовых вод (выше 5 м); болотистых, заиленных грунтов в пойме ручьев.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Сейсморазведочные работы проводились в соответствии с действующей Инструкцией по сейсморазведке, а так же нормативного документа РСН-66-87 [1, 5].

Использовалась 24-канальная сейсмостанция «Лакколит 24-М3» и сейсмоприемники GS-20.DX (вертикальные). Полная расстановка (длина) косы (24 канала) при шаге между приемными каналами - 2,5 м для каждого профиля составила 57,5 м, где к. 1 и к. 24 – начало и конец соответственно (рис. 2).

Возбуждение упругих колебаний осуществлялось с помощью ударов «тампером» по 6 – 10 ударов на каждой точке. Глубина исследований составила 17,5 и 11 м, для 1-ого и 2-ого профилей, соответственно.

Для составления карты сейсмического микрорайонирования города Петропавловска-Камчатского в 1974 г. рядом с ГДК «СРВ» был пройден один профиль (сейсмозонд № 108) длиной 100 м, где  $0^{00}$  и  $1^{00}$  – начало и конец соответственно.



Рис. 2. Район проведения сейсморазведочных работ. В центре – здание ГДК «СРВ»; белыми линиями обозначены сейсмические профили №№ 1 и 2, желтой линией – сейсмозонд № 108, черными линиями – зоны с сейсмической опасностью VIII и IX баллов.

## 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. 3, 4а, б). Сейсмические разрезы демонстрируют геометрию границ и скоростные параметры грунтовых толщ.

На рисунке 4б, в проведено сопоставление разреза по профилю № 2 и сейсмозонда № 108.

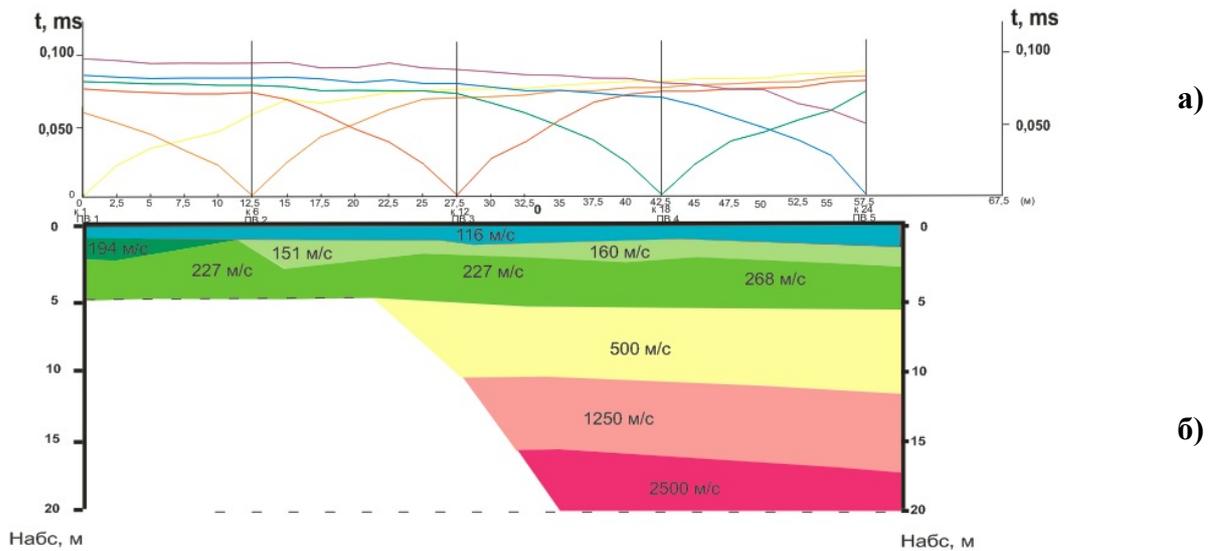


Рис. 3. Система встречных и нагоняющих годографов (а) и сейсмический разрез по профилю № 1 (б).  
Цифры в слое – скорости продольных волн в м/с, ПВ – пункт возбуждения упругих колебаний, к – сейсмический канал.

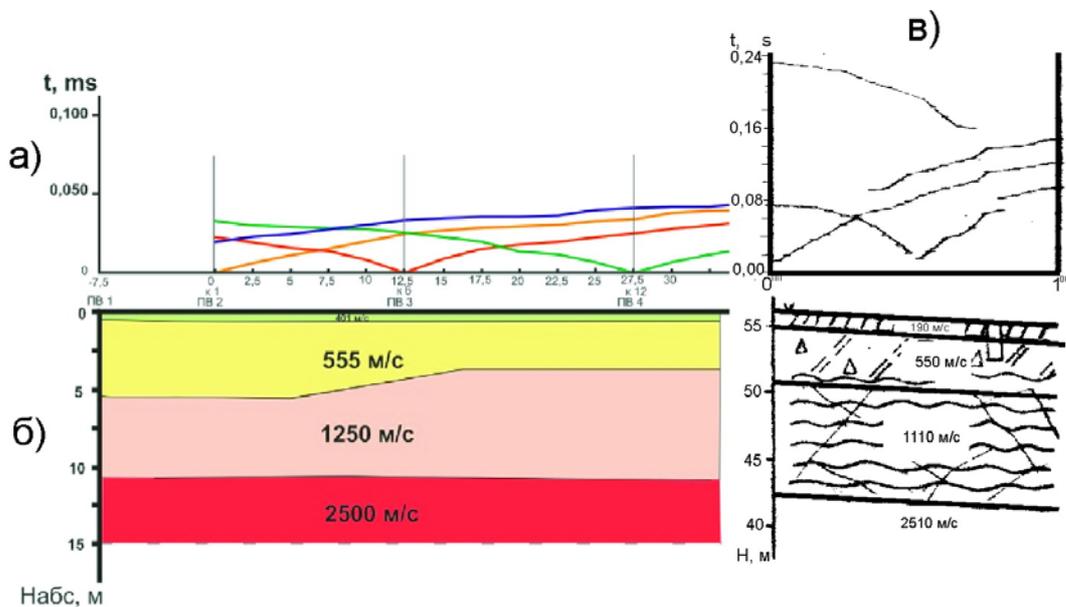


Рис. 4. Система встречных и нагоняющих годографов (а), сейсмический разрез по профилю № 2 (б) и сейсмозонд № 108 (в).  
Цифры в слое – скорости продольных волн в м/с, ПВ – пункт возбуждения упругих колебаний, к – сейсмический канал.

На всех трех профилях (включая сейсмозонд № 108), хорошо прослеживается приповерхностный слой, супеси макropористой, которая плащеобразно покрывает всю территорию мощностью от 1 до 2 м. Скорости продольных волн ( $V_p$ ) меняются от 113 до 190 м/с. Судя по скоростям в

приповерхностной части разреза на профиле № 2 эти грунты отсутствуют, но на этой глубине отмечен сопоставимый по мощности слой со скоростями  $V_p = 401 - 530$  м/с, характерными для более плотных грунтов.

Второй горизонт, который прослеживается повсеместно, соответствует горизонту со скоростью 550 м/с (грунты щебенистые). Впрочем, при сохранении мощности, скорости  $V_p$  меняются как вдоль слоя, так и в разрезе. Так, на профиле № 1 (рядом с сейсмозондом № 108) скорости  $V_p$  вдоль слоя меняются от 214 до 333 м/с, а на профиле № 2 скорость  $V_p = 555 - 664$  м/с. На участке с пониженными скоростями в верхней части слоя выделяется более тонкий слой (скорости  $V_p = 156 - 197$  м/сек).

На профилях № 1 и № 2 по глубине залегания кровли и подошвы хорошо коррелируется третий от поверхности слой, подошва которого располагается на глубинах 10 – 11,5 м на профиле № 1 и на глубине 11 м – на профиле № 2. Обращает на себя внимание тот факт, что в пределах сейсмозонда № 108 подошва этого горизонта расположена на глубине 13 – 14 м. Следовательно, он соответствует сильно трещиноватым окремненным глинистым сланцам, скорости продольных волн которого изменяются от  $V_p = 333 - 336$  (профиль № 1) и  $V_p = 1110$  м/с (сейсмозонд № 108), до  $V_p = 1250$  м/с (профиль № 2).

Ниже залегают трещиноватые скальные породы, кровля которых находится на глубинах от 11 до 14 м, а скорость  $V_p = 2500$  м/с (профили № 1 и № 2), и  $V_p = 2510$  м/с (сейсмозонд № 108).

## ВЫВОДЫ

Представленные результаты интерпретации сейсморазведочных данных 2011 года подтверждаются данными по сейсмозонду № 108.

В результате выполнения сейсморазведочных работ, построены сейсмические разрезы по профилю № 1 и № 2, которые дают возможность демонстрировать геометрию границ разделов в разрезе грунтов и их скоростные характеристики. На скоростных разрезах преломляющие границы характеризуют смену литологического состава отложений.

Анализ сейсмических условий площадки ГДК «СРВ» показал:

1. На профиле № 1 и на сейсмозонде № 108 прослеживается низкоскоростной приповерхностный слой макропористой супеси мощностью от 1 до 2 м. Скорости продольных волн этих отложений  $V_p = 160 - 190$  м/с. На профиле № 2 на этой глубине скорость  $V_p = 330 - 400$  м/с, она соответствует более плотным грунтам.

2. Второй горизонт прослеживается повсеместно до глубины 5 м, он соответствует дресвяно-щебенистым грунтам, скорость продольных волн в этом слое  $V_p = 500-550$  м/с.

3. Ниже, до глубины 11 - 14 м, залегают разрушенные до состояния дресвы и щебня и обводненные скальные отложения со скоростью  $V_p = 1100-1250$  м/с. Глубже вскрыты трещиноватые скальные породы со скоростью  $V_p = 2500$  м/сек.

4. Нижний слой коренных пород со скоростью сейсмических волн  $V_p = 2500$  м/с залегает на глубине 10,75 и 16,26 метров на профиле № 2 и № 1 соответственно.

5. Городской Дом Культуры «СРВ», как социально-значимый объект, был сдан в эксплуатацию в 1963 году, при этом капитальный ремонт проводился частично. На данный момент времени здание нуждается в мероприятиях по сейсмоусилению.

6. Сотрудниками Научного центра по сейсмостойкости зданий и сооружений в 90-х гг. прошлого века были выполнены расчеты по определению резонансных свойств грунтов для сейсмозондов в г. Петропавловске-Камчатском. Для сейсмозонда № 108 резонансный период грунтов = 0,24 сек.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что здание расположено на участке с благоприятными в сейсмическом отношении условиями, однако основной вклад в повреждения конструкций при ожидаемом землетрясении могут вносить резонансные явления, что следует учесть при проектных и строительных работах.

Полевые сейсморазведочные работы выполнены Е.С. Рыловым, А.Б. Бубновым, С.А. Феофилактовым и Д.О. Овчинниковым. Обработка и интерпретация сейсморазведочных данных выполнена О.А. Лунгул.

В процессе работы полезные консультации были получены от Константиновой Т.Г., Делеменя И.Ф., Аносова Г.И. и Селиверстова Н.И., которым автор выражает свою благодарность и признательность.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Инструкция по сейсморазведке. Москва 1986 г.
2. Коновалова О.А. ГИС-проект «Повреждаемость зданий и сооружений в г. Петропавловске-Камчатском при семибалльном землетрясении 1971 года» // Материалы IX региональной молодежной научной конференции "Природная среда Камчатки". 12-13 апреля 2010 г. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. 2010. С. 61-70.
3. Константинова Т.Г., Шарапов В.Г. О принципах построения карты сейсмического микрорайонирования территории г. Петропавловска-Камчатского. М., «Наука», 1977. С.232-236.
4. Отчет по макросейсмическому обследованию последствий землетрясения 25 (24) ноября 1971 года на территории г. Петропавловска-Камчатского. Альбом I. Пояснительная записка. Г. Петропавловск-Камчатский, 1974 г.
5. РСН 66-87. Технические требования к производству геофизических работ. Сейсморазведка. Госстрой РСФСР.
6. Сводный отчет по сейсмическому микрорайонированию г. Петропавловска-Камчатского, Часть 1. Инструментальное сейсмическое микрорайонирование. Том 1. Текст и графические приложения. 1974 г.

**ANALYSIS OF THE SEISMIC CONDITIONS  
OF THE SITE NEAR THE HOUSE OF CULTURE  
IN THE CITY OF PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY**

*Lungul O. A.*

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

*Scientific chief: Konstantinova T. G., Delemen I. F.*

In November 2011, on a platform next to the Palace of Culture in the ship repair yard in Petropavlovsk-Kamchatsky, we carried out seismic surveys using a method of refracted waves. Seismic conditions of the site were also analysed. The article provides results from seismic surveys including library materials.

*Keywords:* seismic conditions, the seismic method, velocity of seismic waves.