

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА (КАМЧАТСКИЙ КРАЙ)

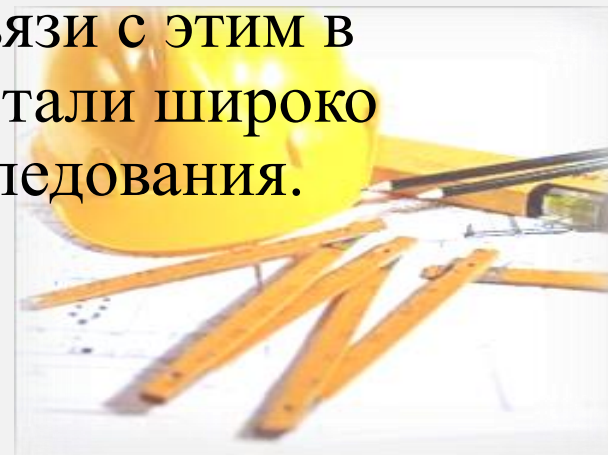
Павлова В.Ю.¹, Акбашев Р.Р.², Бубнов А.Б.³, Василюк И.Н.³

*¹Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, г.
Петропавловск-Камчатский, verpavlova88@gmail.com*

²Камчатский филиал геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский

³Общество с ограниченной ответственностью «ИНЖГЕОКАМ»

- **Актуальность:** В сфере строительства очень важно изучение и полный анализ геологических условий строительной площадки. Детальное исследование на начальном этапе поможет в дальнейшем избежать неравномерной осадки зданий и сооружений, повреждений и разрушений инженерных сетей, необратимые деформации и их полный выход из строя.
- **Значимость:** Важность точного исследования геологических условий строительных площадок для обеспечения безопасности при дальнейшем проектировании инфраструктуры. В связи с этим в инженерно-геологические изыскания стали широко внедряться геофизические методы исследования.



город Петропавловск-Камчатский



- Условные обозначения: 1- территория КГБУ «Камчатский краевой объединенный музей», улица Ленинская, 20; 2 – территория стадиона «Спартак».

Объект: КГБУ "Камчатский краевой объединенный музей", улица Ленинская, 20.

Задача: особенности строения толщи рыхлых отложений.



© А. А. Пирагис, 2009. www.fotopetropavlovsk.ru



Дом
писателей

ул. Чирикова

Красноармейская ул.

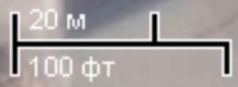
Ленинская ул.

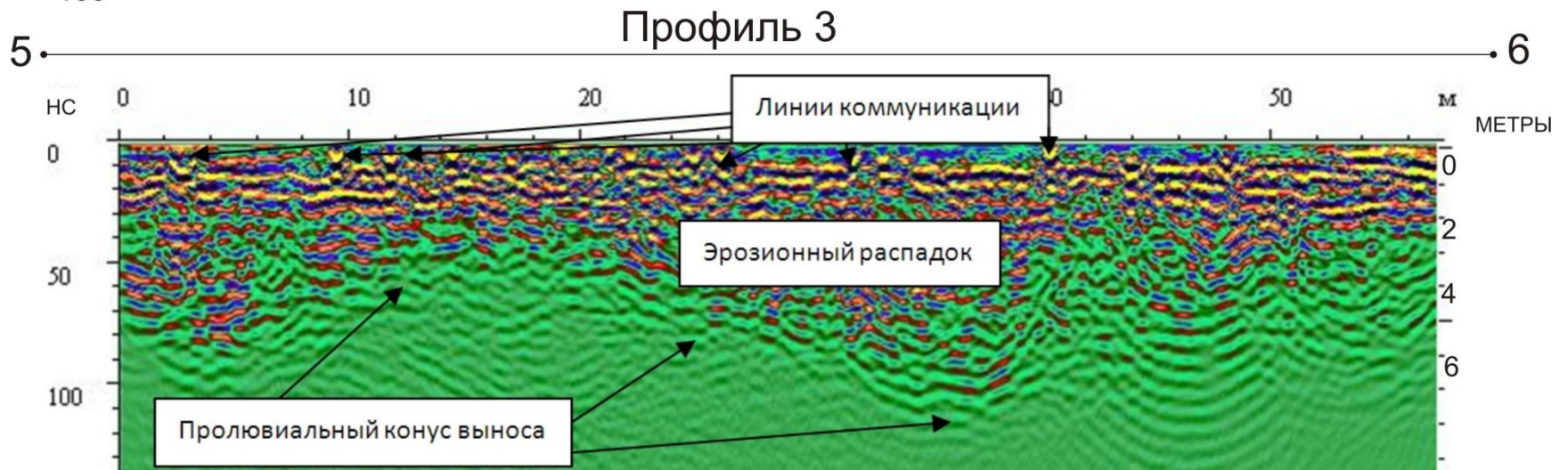
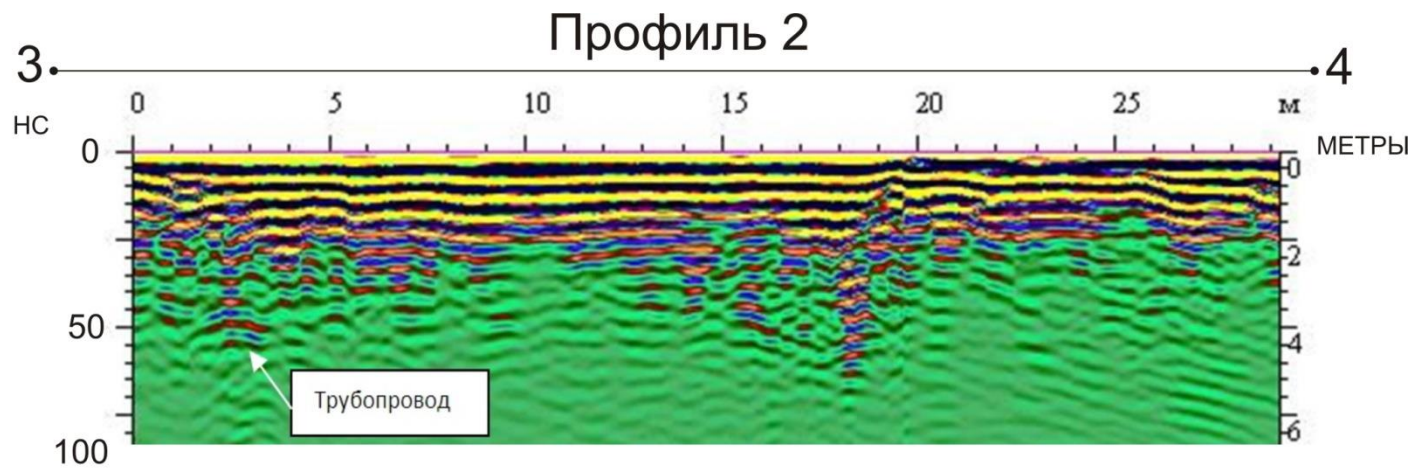
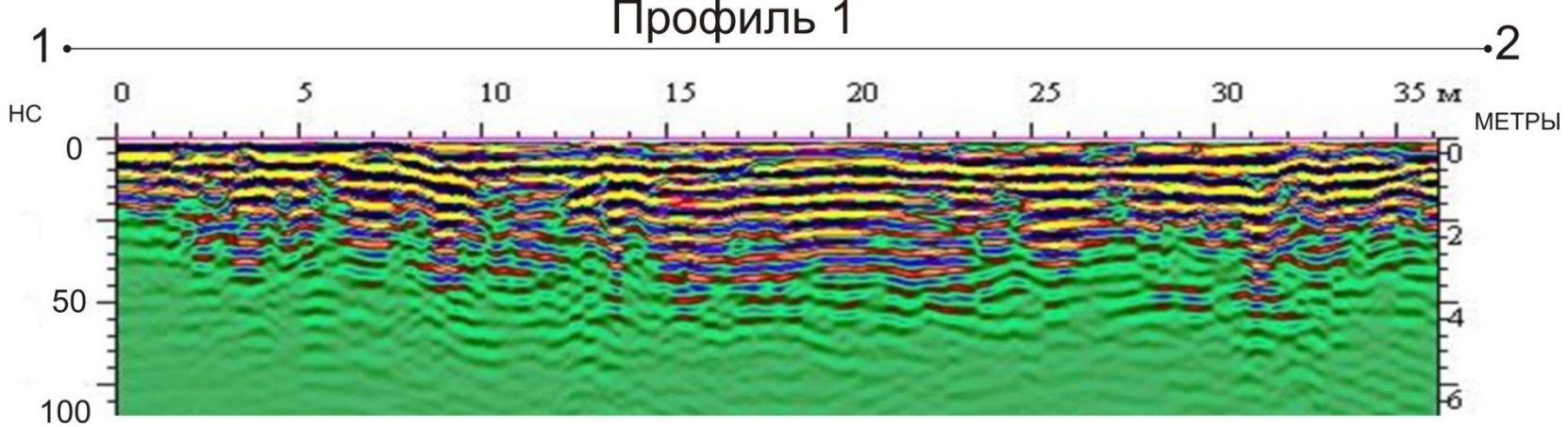
Ленинская ул.

ул. Чирикова

Краеведческий
музей

- Обозначение георадиолокационных профилей:
- 1-2 – Профиль 1 (36 м)
- 3-4 – Профиль 2 (29 м)
- 5-6 – Профиль 3 (57 м)





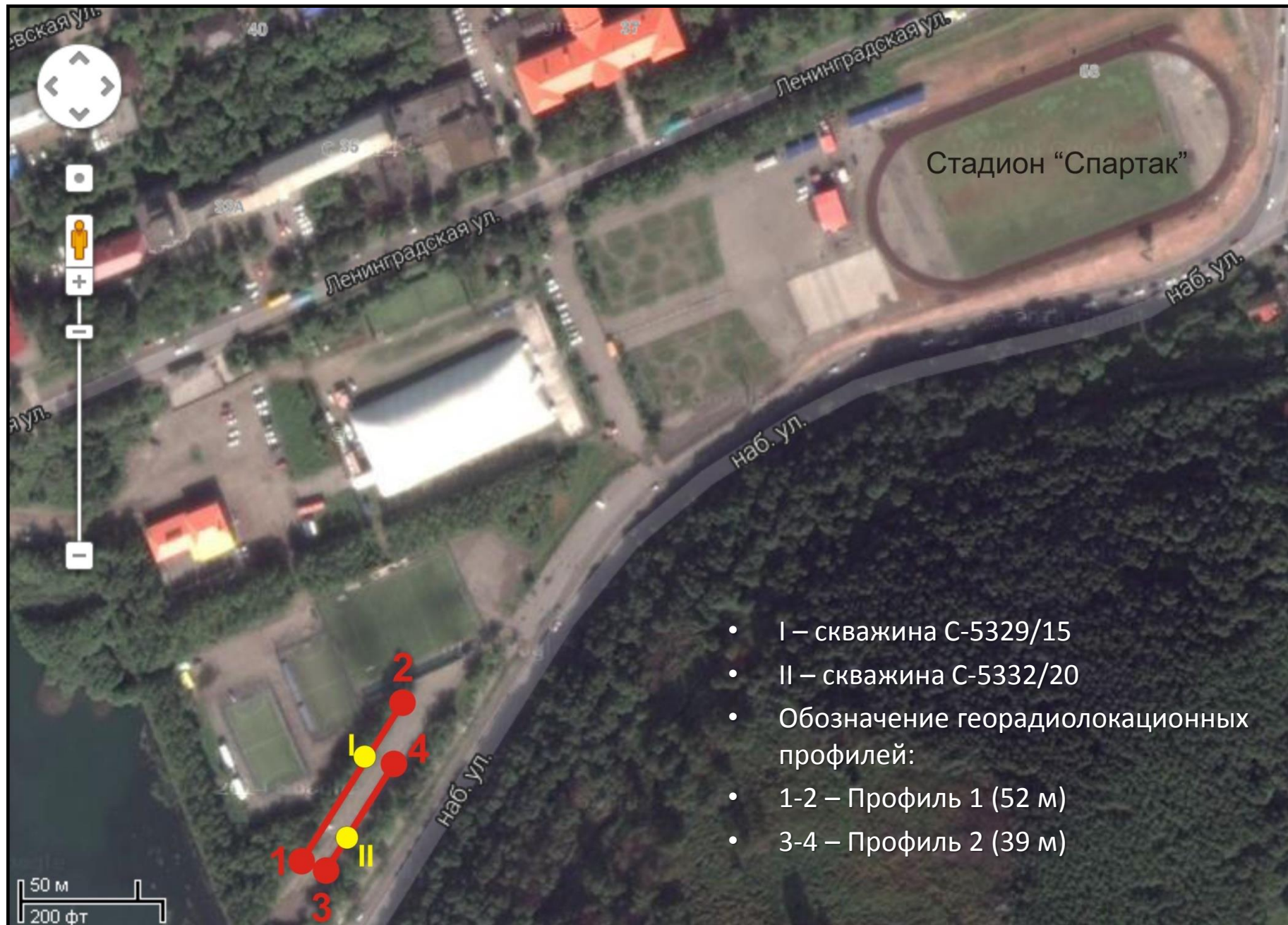
Заключение

- С помощью георадарного профилирования на исследованной площадке оползневые процессы не отмечены, тем не менее, для обеспечения устойчивости склонов следует избегать подрезки склонов ниже площадки расположения здания музея (на участке трассы ул. Ленина), а также нарушения условий дренажа грунтовых вод выше по склону (на участке улиц Партизанская и Чирикова).
- При соблюдении рекомендаций о соблюдении условий дренажа вышележащих склонов и сохранении нижележащих склонов (не подрезать их) общая устойчивость данного склона и устойчивость основания здания музея обеспечена.

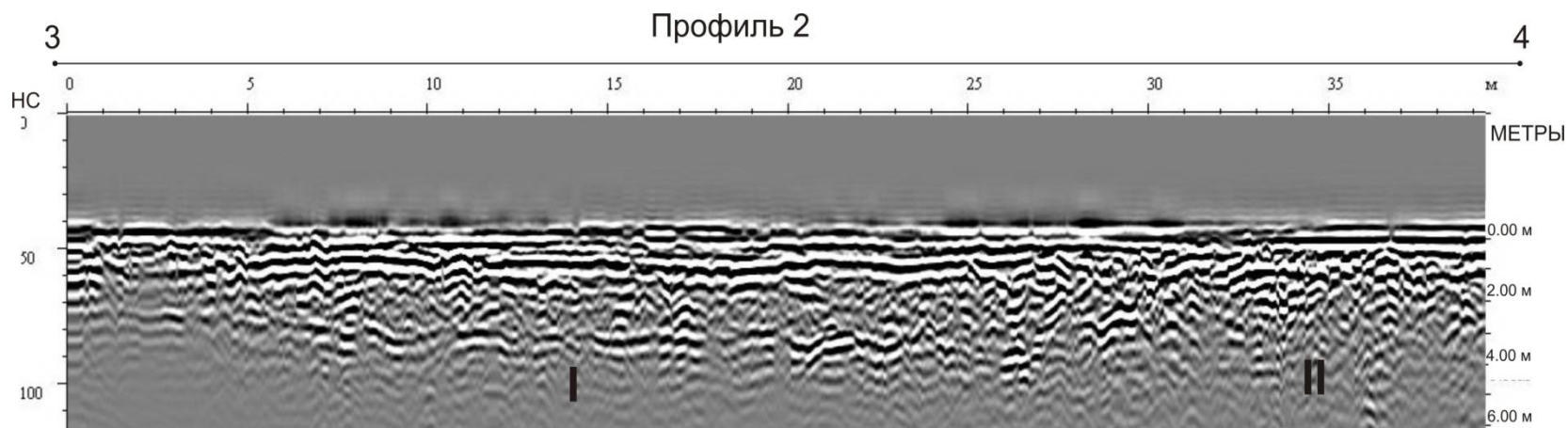
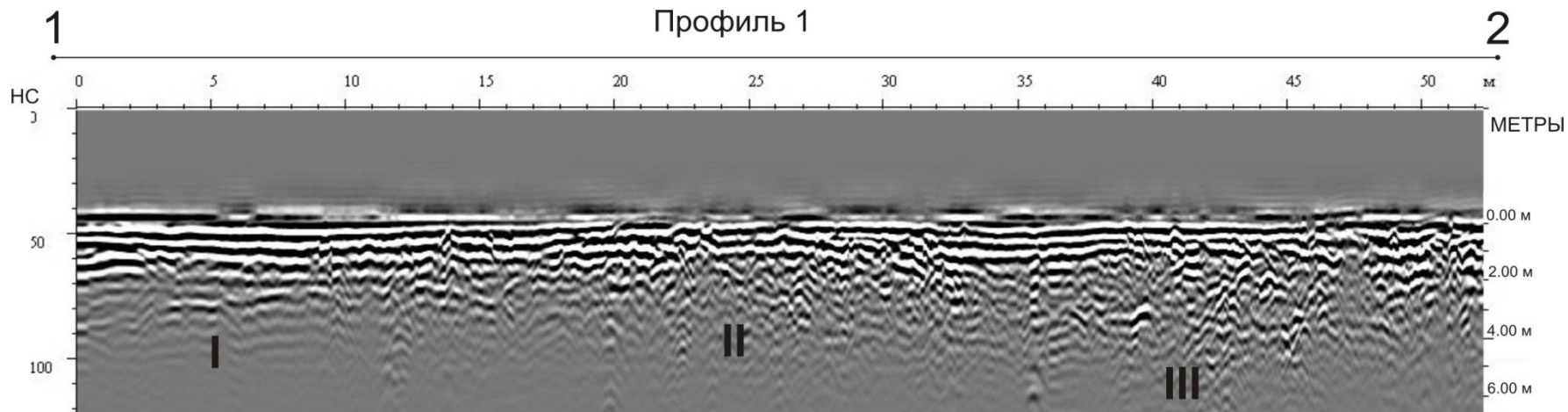
Объект: стадион “Спартак”.

Задача: распределение литологических типов грунтов в разрезе



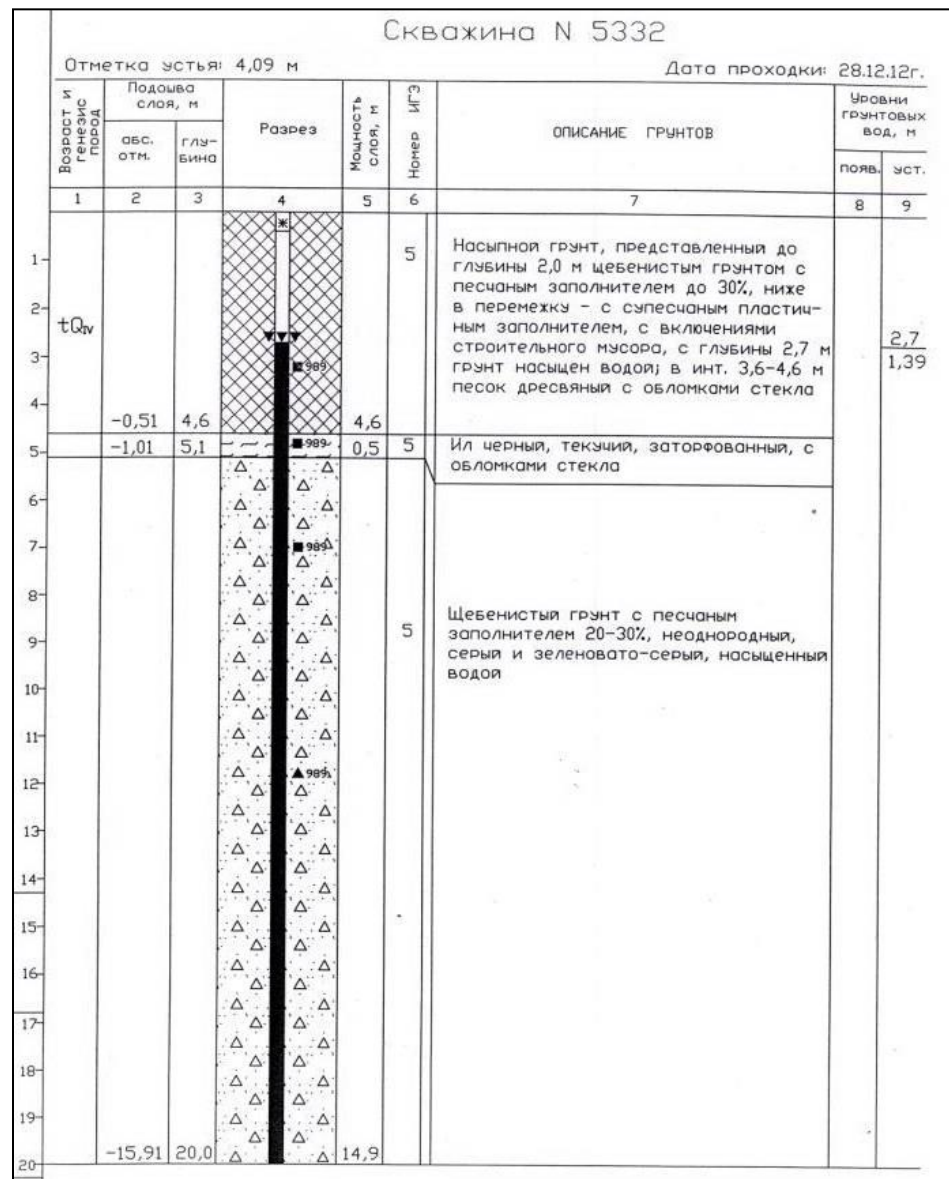
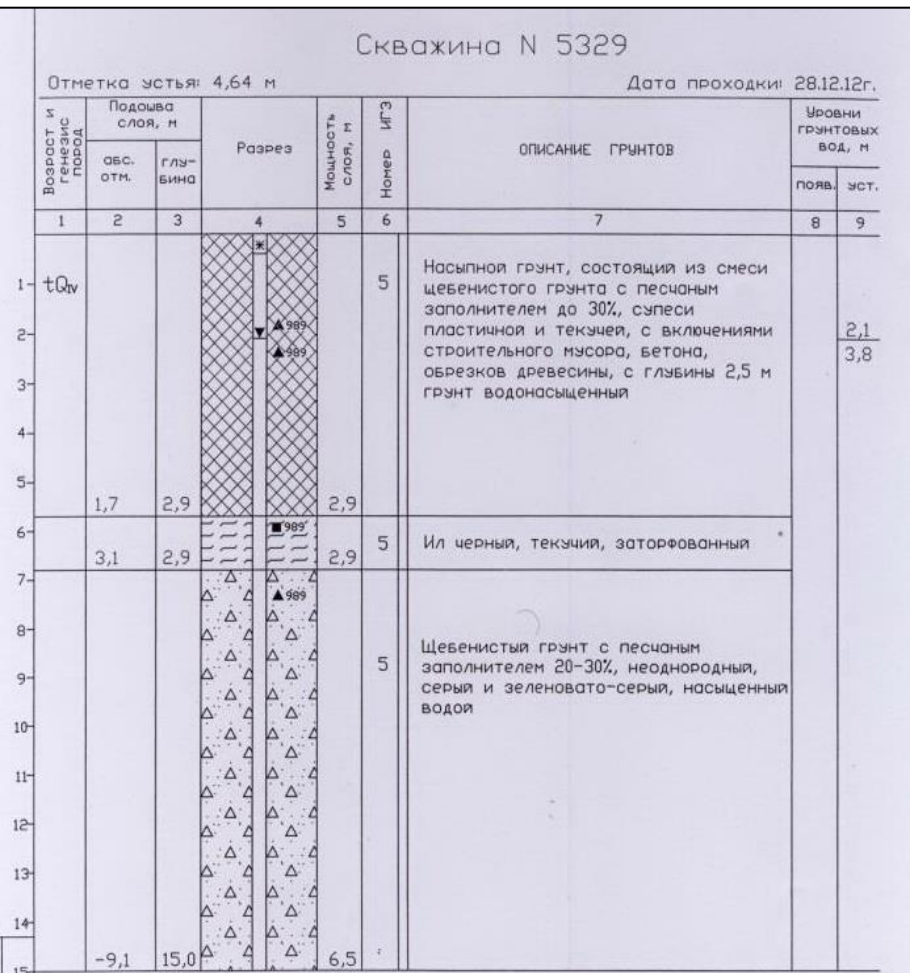


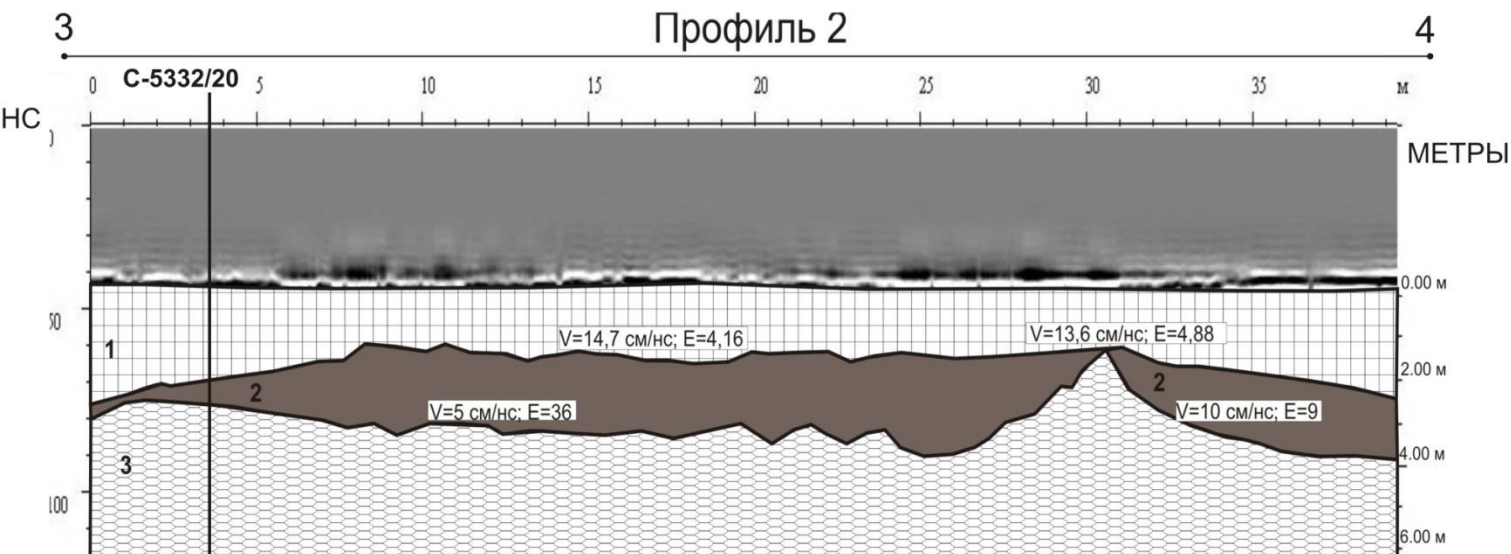
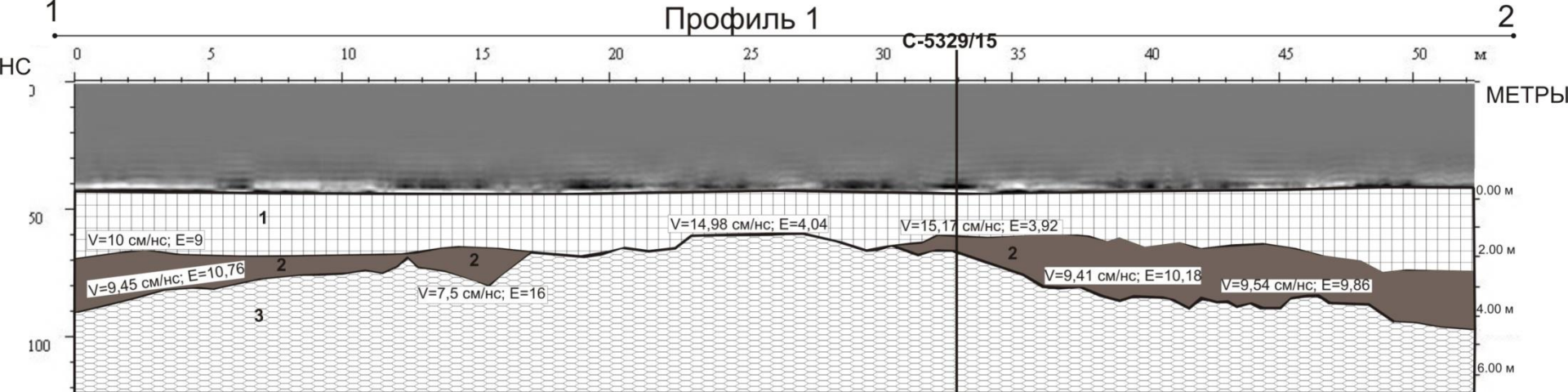
- I – скважина С-5329/15
- II – скважина С-5332/20
- Обозначение георадиолокационных профилей:
- 1-2 – Профиль 1 (52 м)
- 3-4 – Профиль 2 (39 м)



(Старовойтов А.В. Интерпретация георадиолокационных данных. М: МГУ, 2008. С. 42-52.; Baker, P.L. Response of ground penetrating radar to bounding surfaces and lithofacies variations in sand barrier sequences. Expl Geophys 22, 1991, pp. 19-22; Csaba Ekes, E.J. Hickin. Ground penetrating radar facies of the paraglacial Cheekye Fan, southwestern British Columbia, Canada / Sedimentary Geology. 143. 2001. pp.199-217. www.elsevier.com/locate/sedgeo)

Геолого-литологические колонки выработок





Заключение

- Выявлен насыпной щебенистый грунт до глубины 2-3 м; ил черный текучий заторфованный мощностью от 0,5 до 2,9 м; на глубине порядка 3,5 м (по радарограмме и по скважине) залегают грунтовые воды, которые выделяются четкой протяженной осью синфазности и $V_{ЭМВ} = 5 \text{ см/нс}$; $E = 36$; щебенистый грунт с песчаным заполнителем.

Объект: мыс Чавыча, площадка очистных сооружений.

Задача: уточнение сейсмических условий и оползневой опасности.



В 2010 г. был создан ГИС-проект «Повреждаемость зданий и сооружений в г. Петропавловске-Камчатском при семибалльном землетрясении 1971 года» результатом которого является «Электронная карта сейсмического микрорайонирования г. Петропавловска-Камчатского масштаба 1:10000» (Коновалова, 2010).

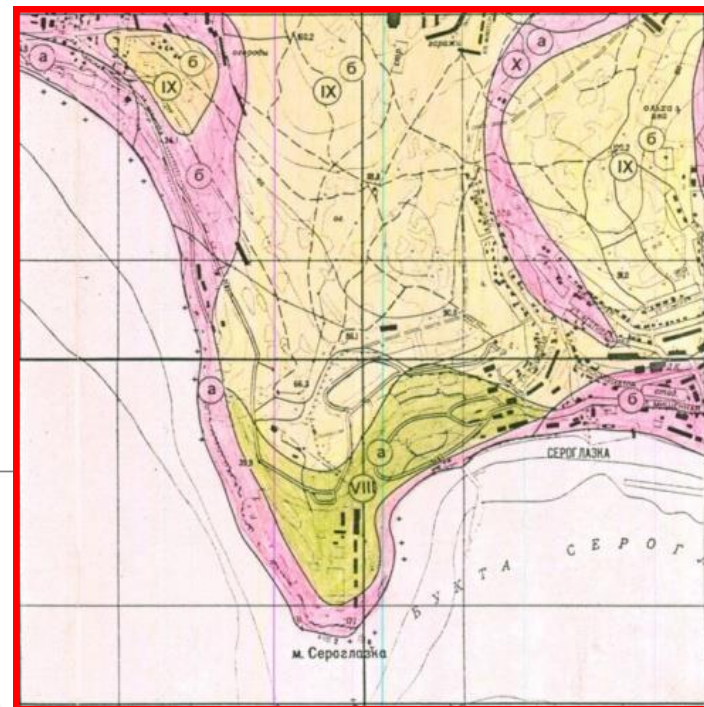
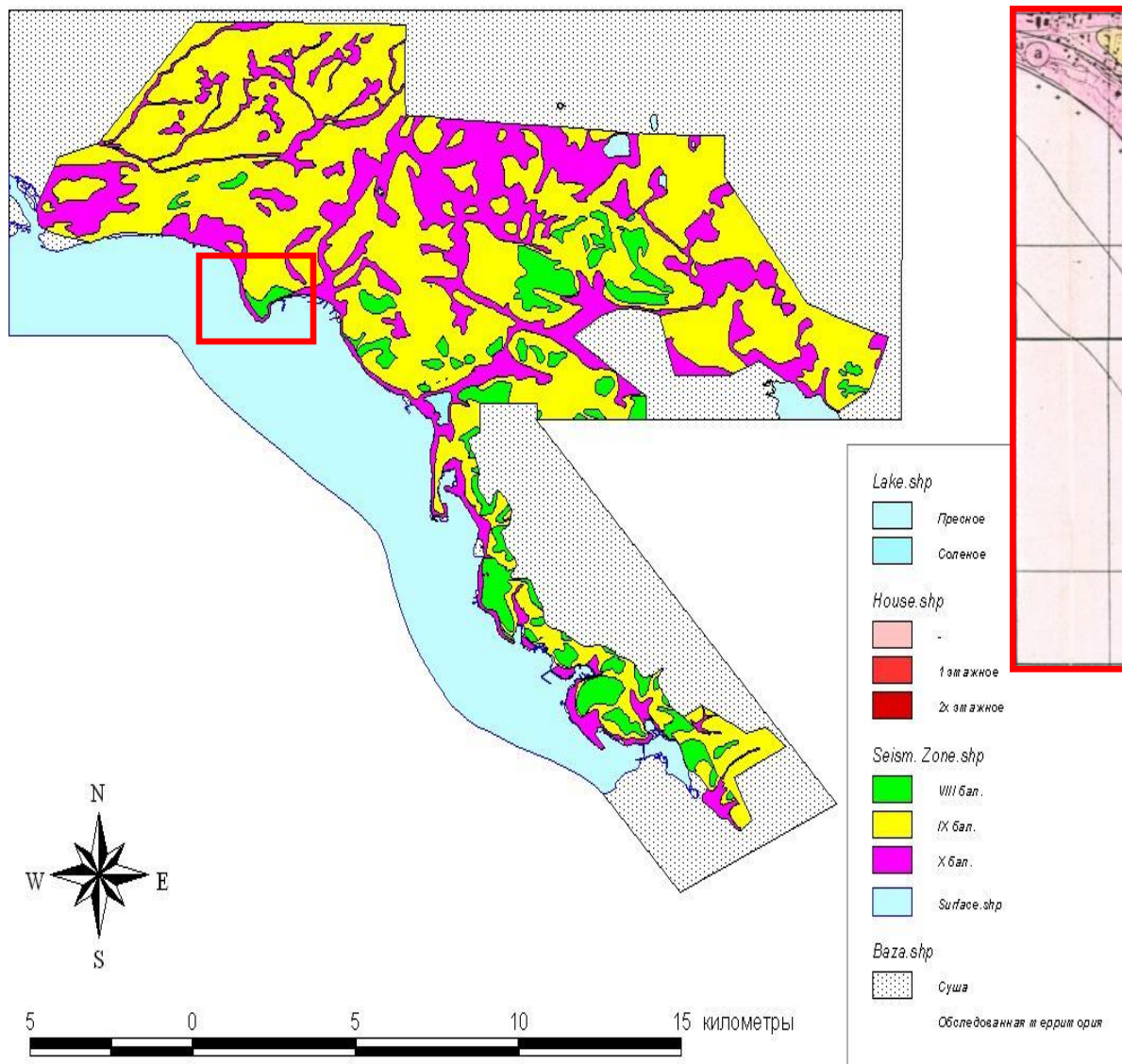


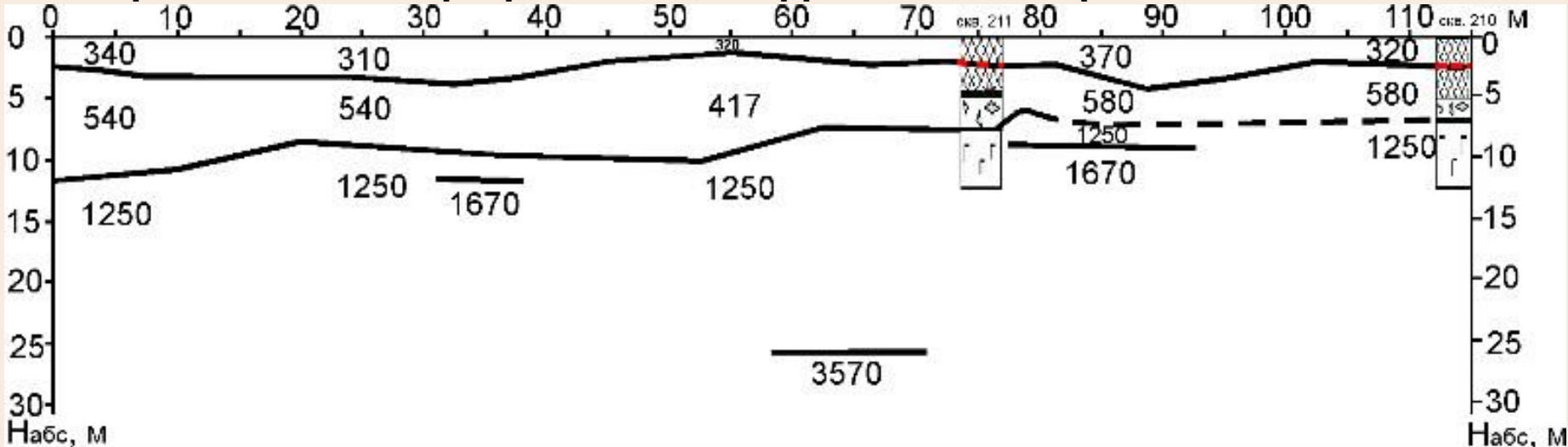
Схема проведения работ, г. Петропавловск-Камчатский, мыс Чавыча



Условные обозначения:

- - скважины;
- - сейсморазведочный профиль;
- - георадиолокационный профиль.

Сейсморазведочный профиль № 1, цифры в слое – Vp в м/с.



Скважина N 211													
Отметка устья: 28,20 м						Дата проходки: 15.02.2011 г.							
Шкала, Глубин (м)	Возраст и ге-неиз пород	Отметка, м	Глубина, м	Мощность слоев	Лито-логический разрез	Состояние	Лаборат. номер проб	Номер ИГЭ	Описание грунтов	Уровень грунтовых вод (глубина отметки)			
										Появл.	Устан.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	гДВ								Насыпной грунт - Щебенистый грунт с песком до 30% с включением крупных обломков андезитового состава. Грунт мерзлый до 0,7м, ниже средней степени водонасыщения. С глизины 2,50 сыпучая дресвяная, пластичная с прослоями песка, на глубине 5,0м сыпучая текучая с остатками почвенно-растительного слоя (утечки из иловых карт)	Воды нет			
2													
3													
4													
5		22,90	5,30	5,30									
6	гДВ-18	22,40	5,80	0,50				5	Щебенистый грунт с песчаным заполнителем средней крупности 40%, темно-серого цвета, средней степени водонасыщения				
7								6				Зливиный выветрелых диабазов, разрыхленных до щебенистого грунта с супесчаным заполнителем 15% твердой консистенции, зеленовато-серого цвета, с включением глыб диабазов 10%.	
8		20,50	7,70	1,90									7
9	КДВ								Скальные грунты - диабазы, зеленовато-серого цвета, сухие, слаботрещиноватые, прочные				
10													
11													
12		16,20	12,00	4,30									

Скважина N 210											
Отметка устья: 29,00 м						Дата проходки: 12.02.2011 г.					
Шкала, глубина (м)	Возраст и геологический разрез	Отметка, м	Глубина, м	Мощность слоев	Лито-логический разрез	Состояние	Лаборат. номер	Номер ИГЭ	Описание грунтов	Уровень грунтовых вод	
										глубина	отметка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1								1	Насыпной грунт - Щебенистый грунт с песком до 30% с включением крупных обломков андезитового состава. Грунт мерзлый до 0,7м, ниже средней степени водонасыщения. С глизины 2,60 сыпучая дресвяная, пластичная с прослоями песка, на глубине 5,10 погребенный почвенно-растительный слой, очень влажный	Воды нет	
2											
3											
4											
5		23,60	5,40	5,40							
6		23,10	5,90	0,50				5	Щебенистый грунт с песчаным заполнителем средней крупности 40%, темно-серого цвета, средней степени водонасыщения, с включением валзов андезитового состава		
7		22,00	7,00	1,10				6	Зливиный выветрелых диабазов, разрыхленных до щебенистого грунта с супесчаным заполнителем 15% твердой консистенции, зеленовато-серого цвета, с включением глыб диабазов 10%		
8								7	Скальные грунты - диабазы, зеленовато-серого цвета, сухие, слаботрещиноватые, прочные		
9											
10											
11											
12		17,00	12,00	5,00							

Скважина пробурена ИП «А.Е. Караваяв» по заказу ИП «А.А. Иглин»

Разгрузка грунтовых вод в виде высачивания из трещин в береговом уступе. **Красными стрелками** показаны питающие трещины, по которым происходит водное питание родника. **Синим квадратом** показан родник.

Примечательно, что разгрузка происходит по трещине, простираение которой совпадает с направлением на предполагаемое место утечки воды, отмеченной на сейсморазведочном профиле № 1.



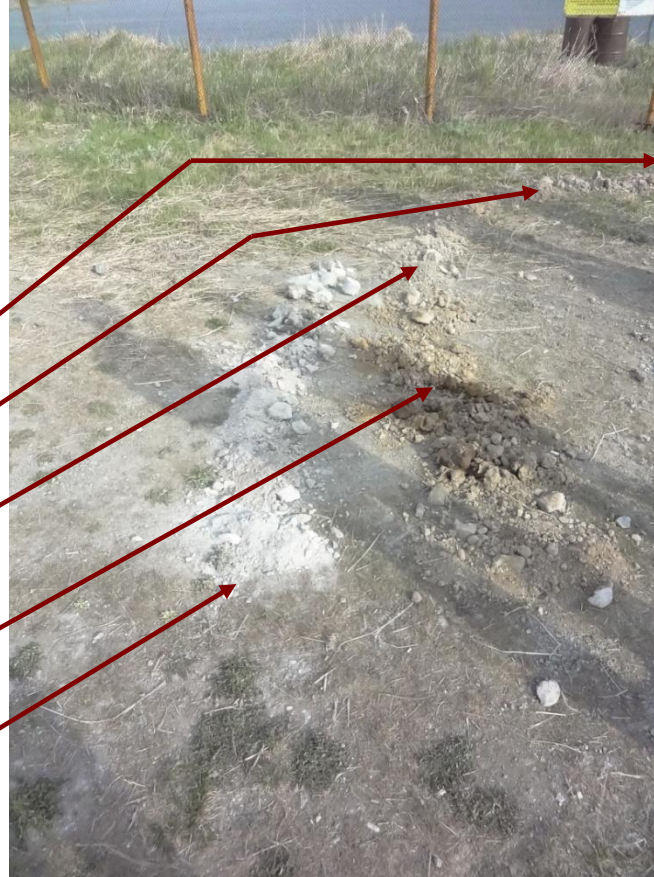
Скважина пробурена ИП «А.Е. Караваяев» по заказу ИП «А.А. Иглин»

Скважина N 1 возле котельной

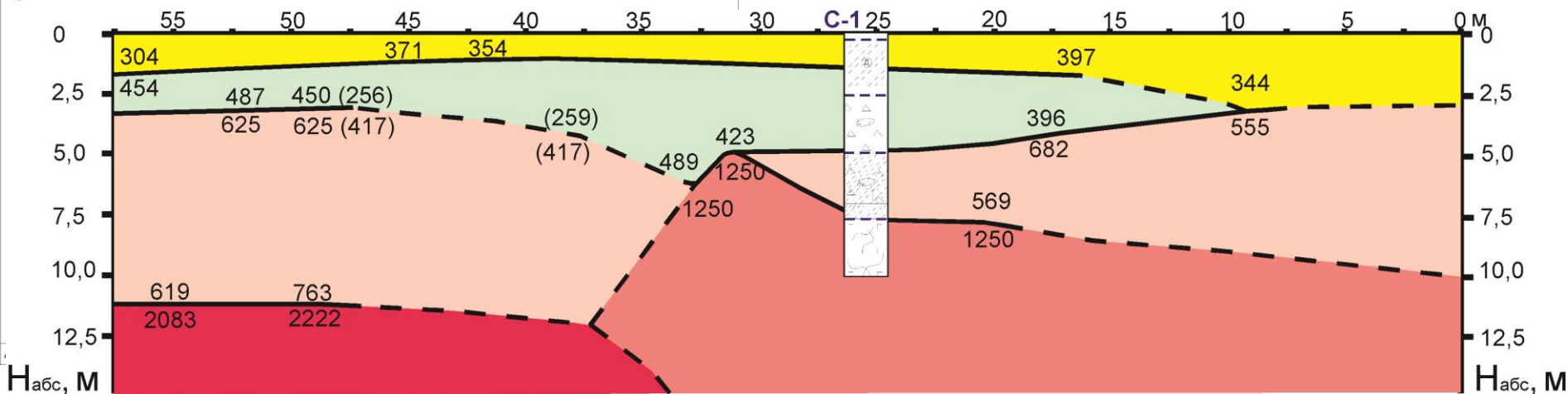
Отметка устья: 23,20 м

Дата проходки: 04.06.2012 г.

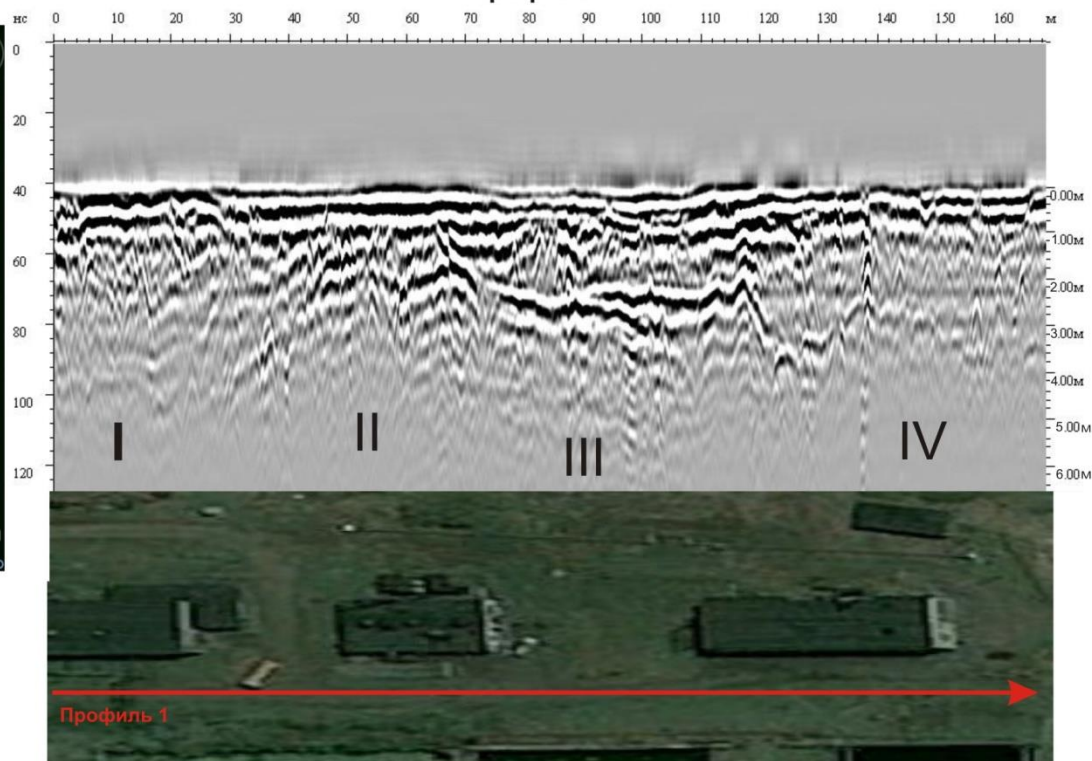
Шкала глубин (м)	Возраст и геологический пород	Отметка, м	Глубина, м	Мощность слоя, м	Литологический разрез	Состояние	Лаборат. номер пробы	Номер ИГЭ	Описание грунтов	Уровень грунтовых вод	
										Появл.	Устан.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ЮIV	34,95	0,30	0,30	Д			1	Насыпной грунт - Щебенистый с супесью до 40%, коричневого цвета		
1	ЮIII-III							3	Супесь дресвяная, коричневого цвета, пластичная с включением глыб до 5%		
2								5			
		34,95	2,60	2,30							
3					eKIV			6	Щебенистый грунт с супесчаным заполнителем твердой консистенции 30-35%, коричневого цвета, с включением глыб 10%		
4											
		30,15	4,90	2,30							
5					KIV			7	Элювий выветрелых диабазов, разрушенных до щебенистого грунта с песчаным заполнителем 20-25%, зеленовато-серого цвета, влажным, с включением глыб диабазов 10%, встречаются линзы и прослойки супеси		
6											
7											
		30,15	7,60	2,70						Воды нет	
8					KIV				Скальные грунты - диабазы, зеленовато-серого цвета, сухие, слаботрещиноватые, прочные		
9											
10											
		25,45	10,00	2,40							



Скв. №1



Сейсморазведочный профиль № 2, цифры в слое – Vp (Vs) в м/с.

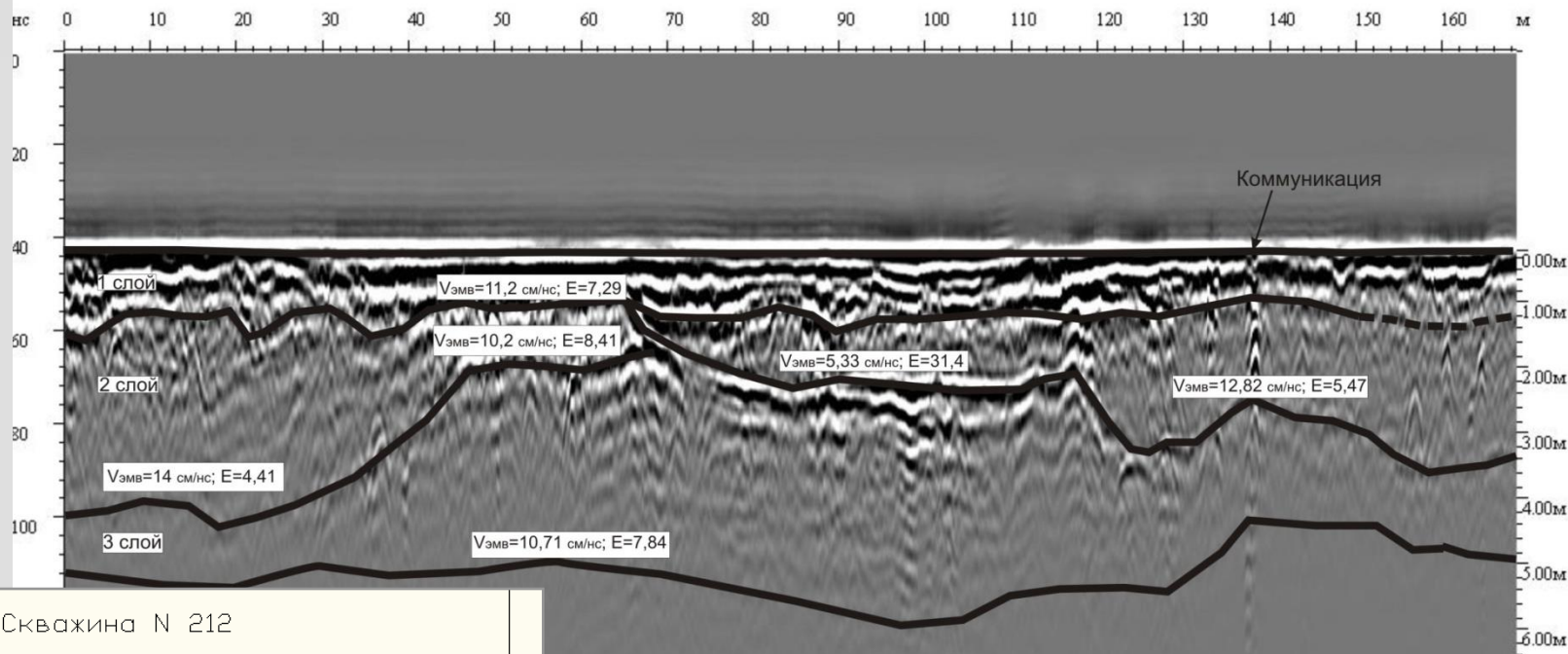


Условные обозначения: I, II, III, IV - георадарные фации

На профиле 1 можно выделить 4 участка, на которых наблюдается смена георадарных фаций обусловленных изменением конфигурации осей синфазности отраженных волн, их интенсивностью и протяженностью, а также изменением скоростей распространения ЭМВ, степенью влажности отложений и осложненной литологией.

С

Ю



Скважина N 212

Отметка устья 19,70 м

Дата проходки 14.02.2011 г.

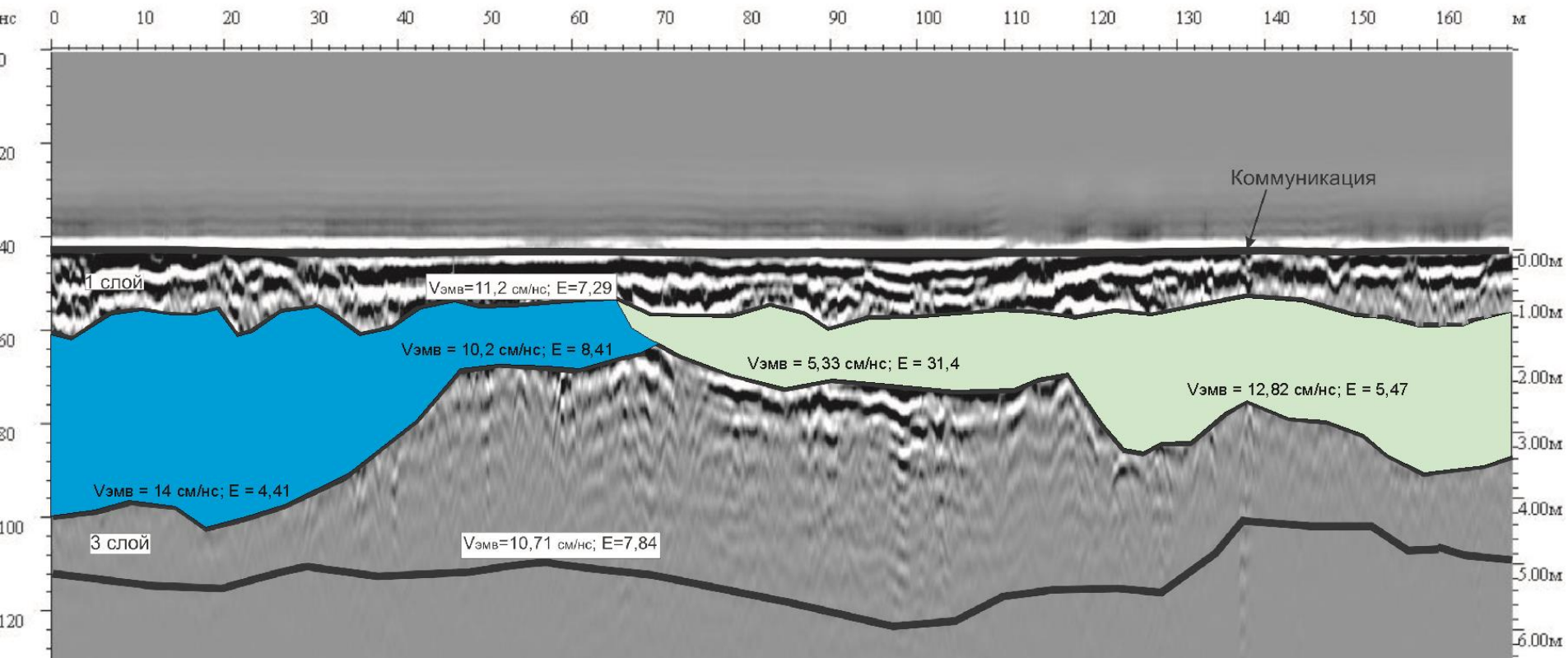
Шкала глубин	Возраст и геологический разрез	Отметка, м	Глубина, м	Мощность слоя, м	Лито-логический разрез	Состояние	Лаборат. номер	Номер ИГЭ	Описание грунтов	Уровень грунтовых вод	Глубина отметка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	19,70	18,20	1,50	1,50	1			1	Насыпной грунт - щебенистый грунт с песком до 30%. Грунт мерзлый до 0,4м ниже песок древесный, средней плотности, средняя степени водонасыщения		
2					2			5	Древесный грунт с песчаным заполнителем средней крупности 45%, темно-серого цвета, средней степени водонасыщения, с включением валунов андезитового состава		
3	16,50	16,50	3,20	1,70	3						
4					4			6	Злеулия выветрелых диабазов, разрушенных до щебенистого грунта с сыпучим заполнителем 15% твердой консистенции, зеленовато-серого цвета, с включением глыб диабазов 10%		
5	14,10	14,10	5,60	2,40	5						
6					6						
7					7						
8					8			7	Скальные грунты - диабазы, зеленовато-серого цвета, сухие, слаботрешиноватые, прочные		
9					9						
10	9,70	9,70	10,00	4,40	10						

Vэмв – скорость электромагнитной волны;
E – диэлектрическая проницаемость.

Профиль 1

С

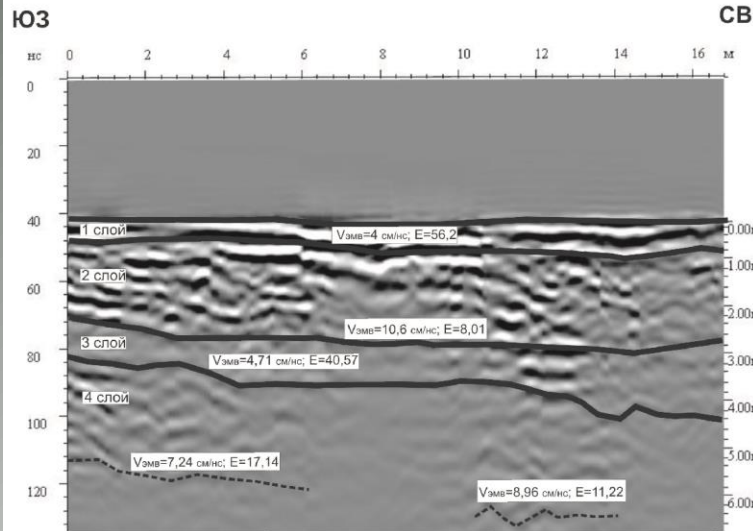
Ю



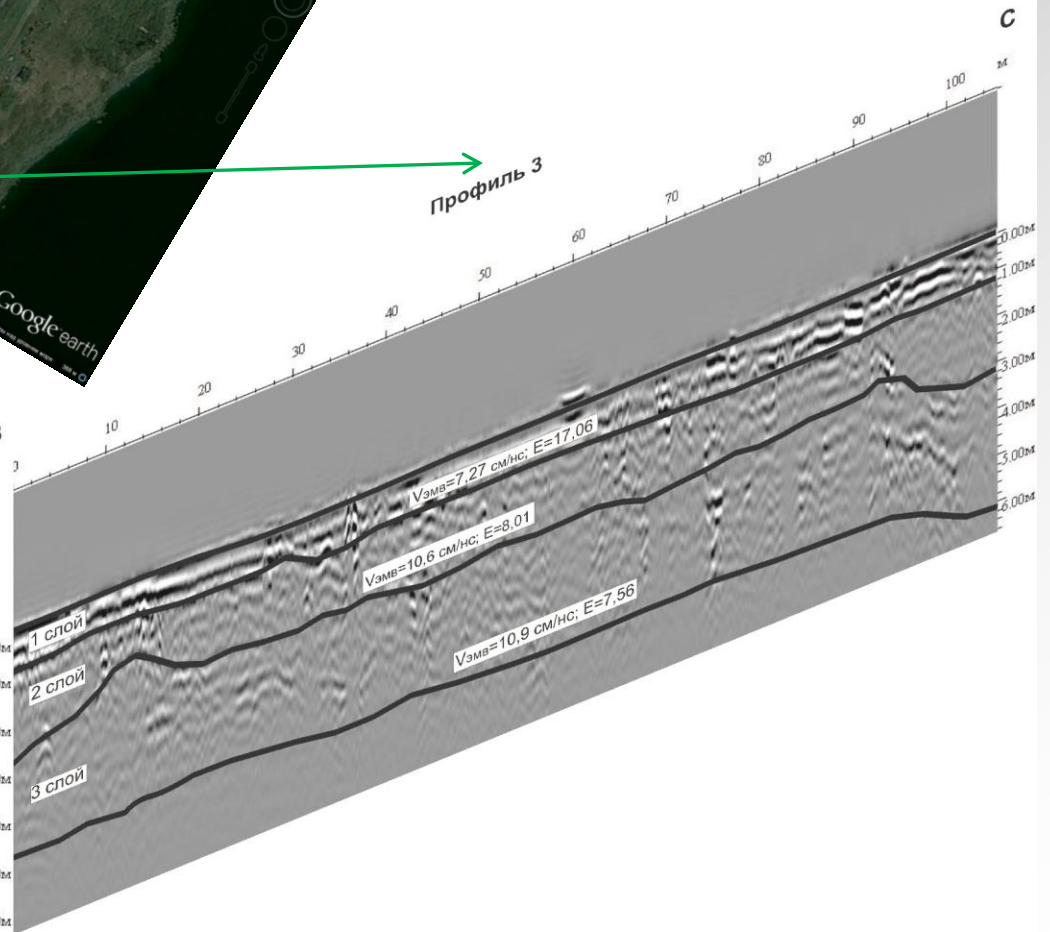
Блок-схема георадиолокационных профилей № 2 и № 3



Профиль 2



Профиль 3





Раскрытия трещин во фронтальной части небольшого скального оползня.

Небольшой оползень в береговой зоне



Выраженность кровли скальных пород

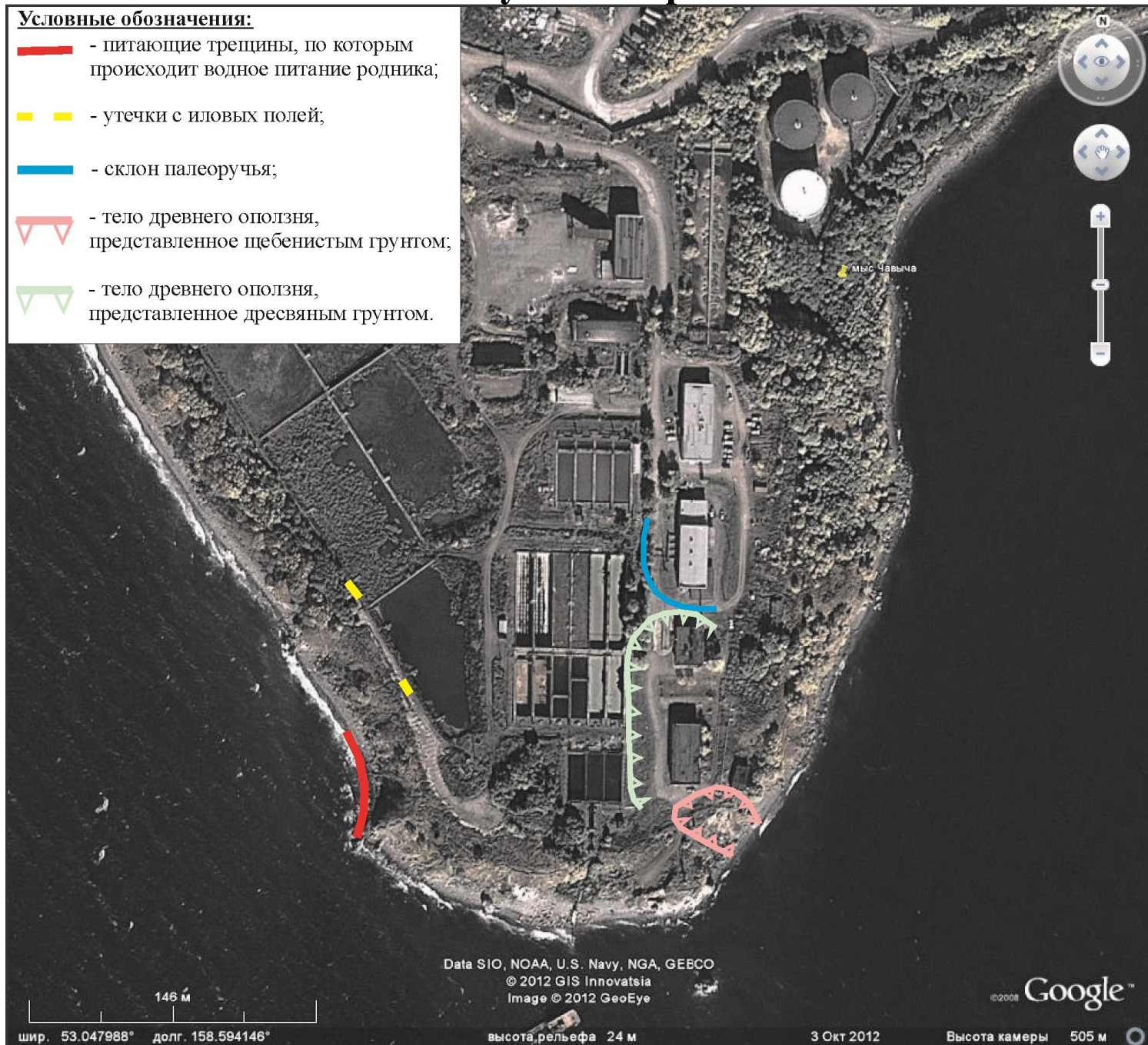


Выраженность кровли скальных пород (показаны жирными красными линиями) в береговых уступах на южной оконечности мыса Чавыча. Тонкими красными линиями обозначены крупные трещины в скальных породах.

Результаты работ

Условные обозначения:

-  - питающие трещины, по которым происходит водное питание родника;
-  - утечки с иловых полей;
-  - склон палеоручья;
-  - тело древнего оползня, представленное щебенистым грунтом;
-  - тело древнего оползня, представленное дресвяным грунтом.



Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
© 2012 GIS Innovatsia
Image © 2012 GeoEye

©2008 Google™

шир. 53.047988° долг. 158.594146°

высота, рельефа 24 м

3 Окт 2012

Высота камеры 505 м

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оползневая опасность на данной территории достаточно высока. Установлено расположение 2х оползневых тел.

По результатам сейсморазведочных работ устанавливается наличие оползневых процессов в восточном сегменте южной части площадки. Анализ сейсморазведочных разрезов свидетельствует о том, что кровля скальных пород (прочные трещиноватые диабазы) выделяется на глубинах ниже 10 м. На территории расположения иловых полей происходит утечка воды.

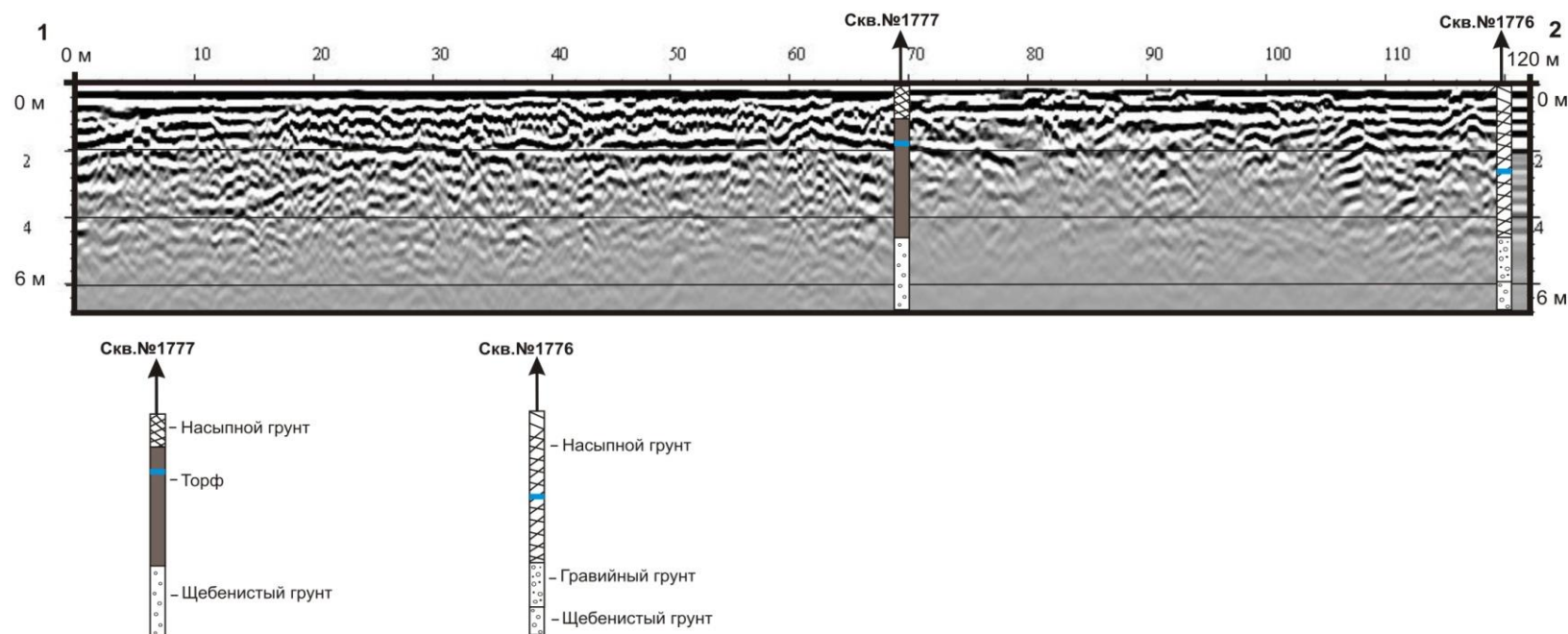
Судя по колонкам скважин, отсыпка насыпных отложений осуществлялась непосредственно на рельеф, при этом не убирался склонный к разжижению почвенно-пирокластический чехол («подпочвенные» макропористые супеси пластичной и текучей консистенции). Это может ускорить развитие оползневых процессов в рыхлых грунтах при переувлажнении, особенно на участке западного борта иловых полей, где происходит утечка воды.

С помощью георадиолокационного профилирования удалось обнаружить тело древнего оползня и палеоручей.

Уточнение сейсмических условий территории позволило сделать вывод о том, что сейсмичность данной площадки равна 10 баллам согласно действующей карты СМР г. Петропавловска-Камчатского. При строительстве на территориях с насыпными грунтами необходимо выполнять их удаление, включая макропористые грунты, иначе возможно сползание не только грунтов, но и построек вниз по склону.

Объект: берег бухты Моховая.

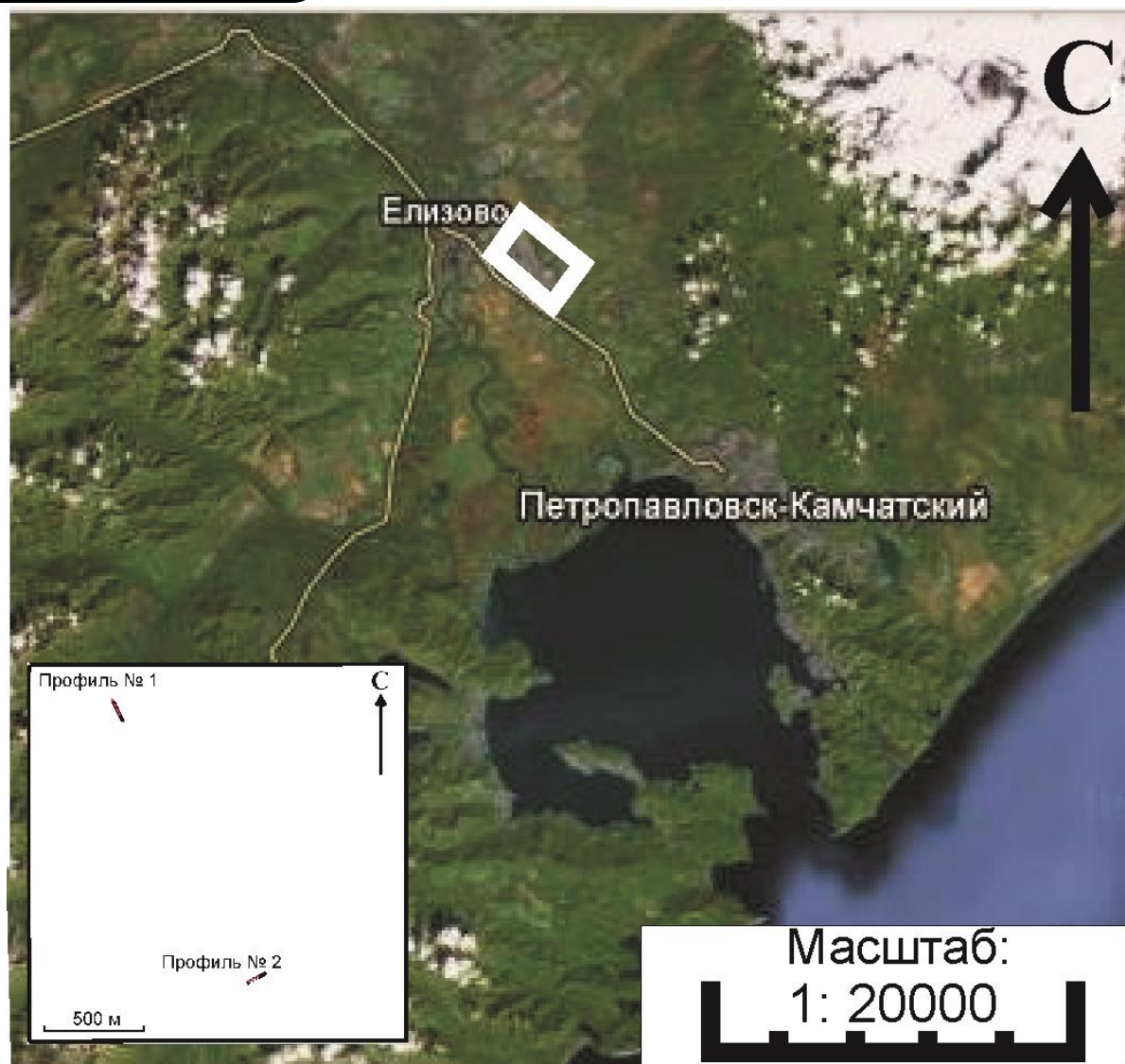




Заключение

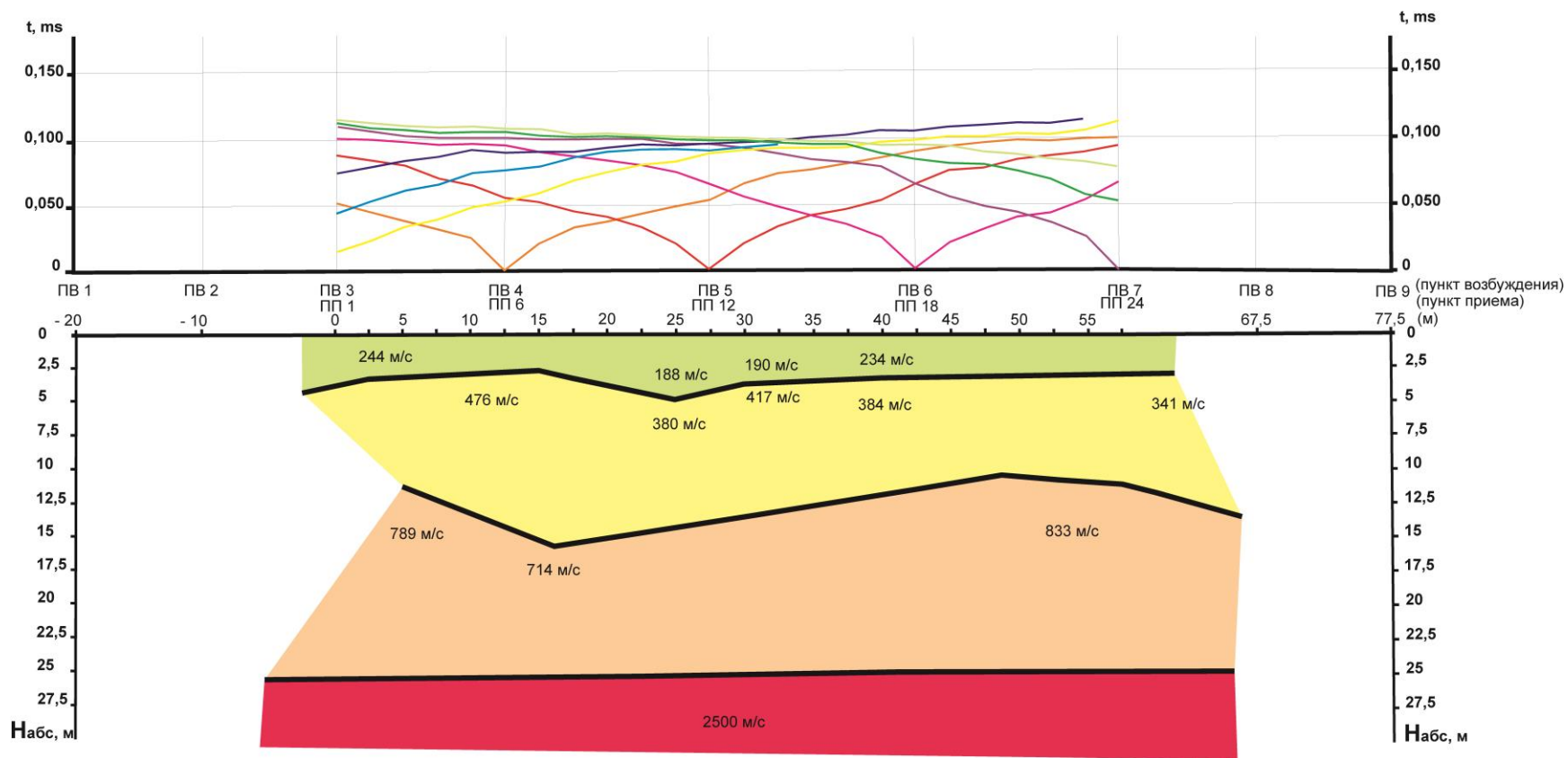
- Практически повсеместно рассматриваемые отложения перекрыты чехлом (мощностью от 0,5 до около 10 м) более молодых четвертичных отложений, которые хорошо выделяются на радарограммах. В строении западин участвуют преимущественно дресвяно-щебенистые отложения с включением отдельных глыб. В долине ручьев обнажились отложения торфа.

Объект: левобережье долины реки Авача.

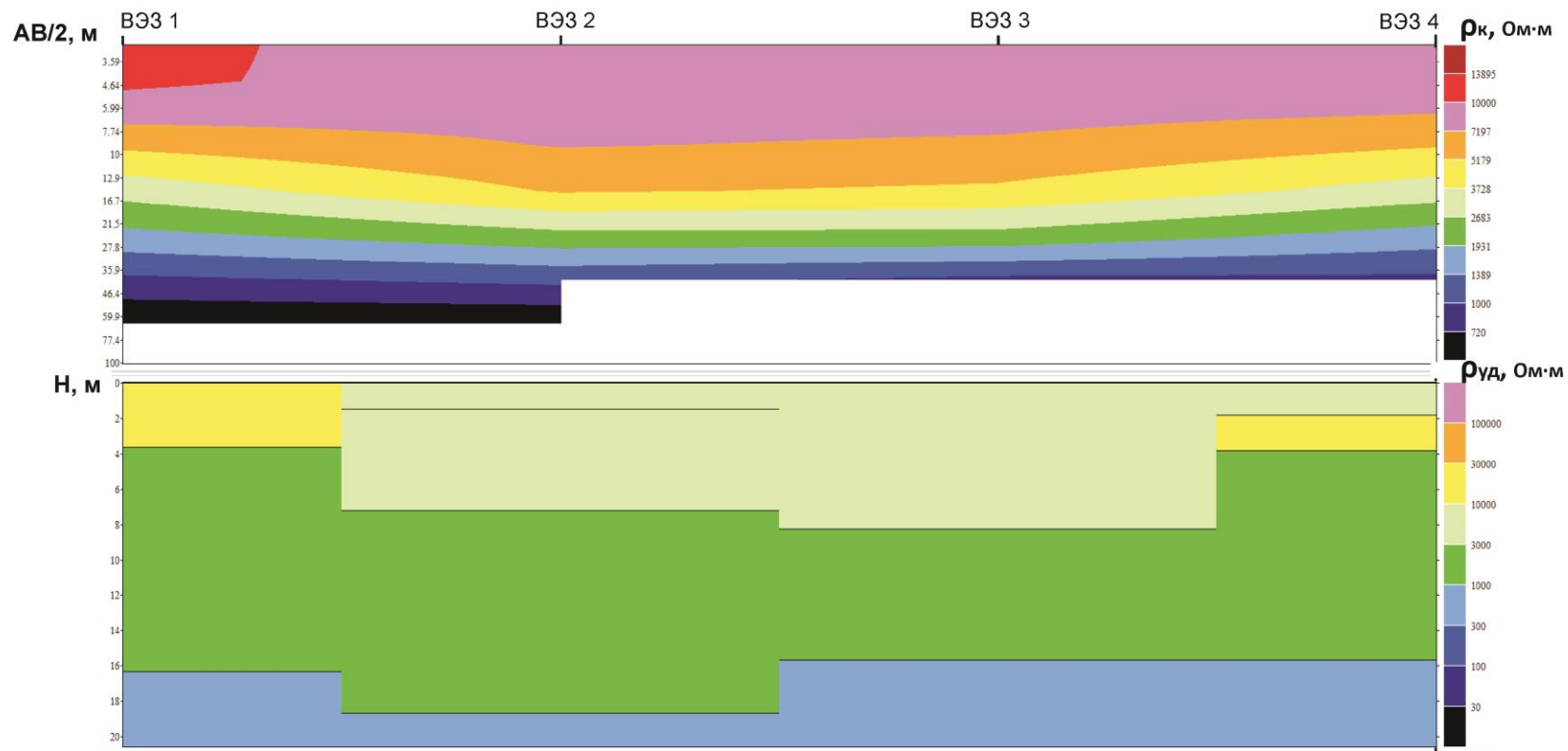


Актуальность

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

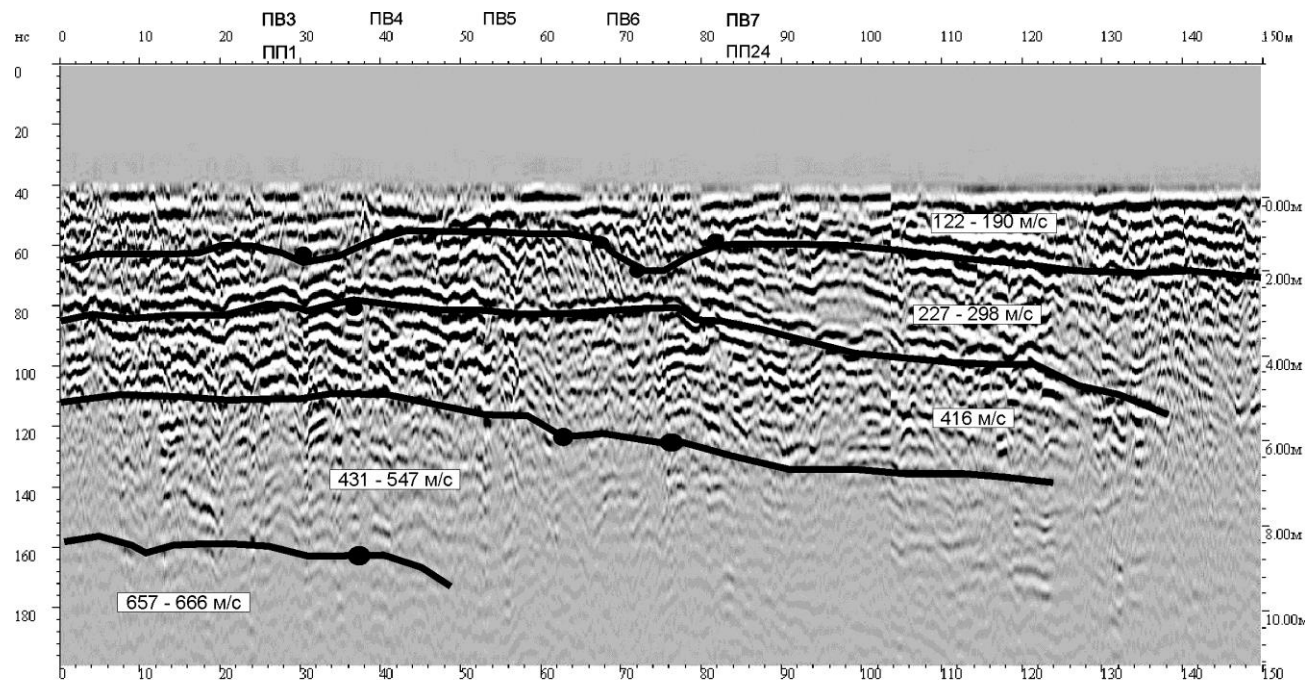
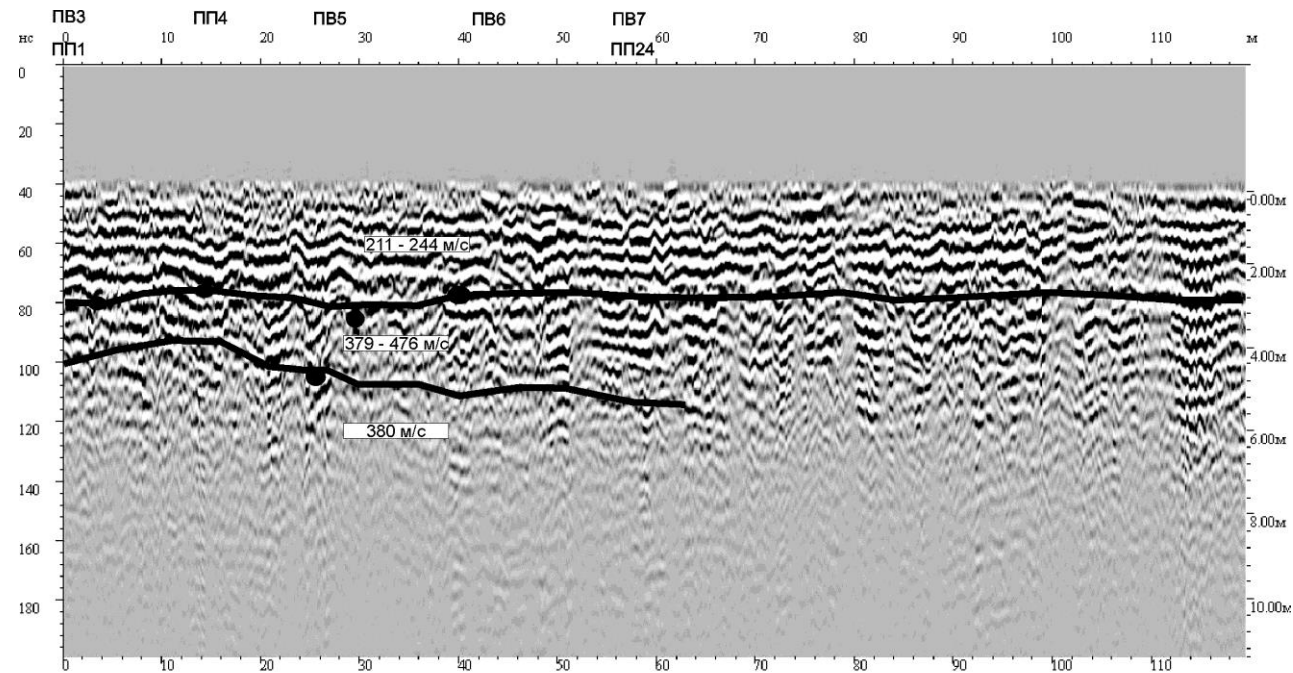


Система встречных и нагоняющих годографов (а) и сейсмический разрез по профилю № 1 (б).

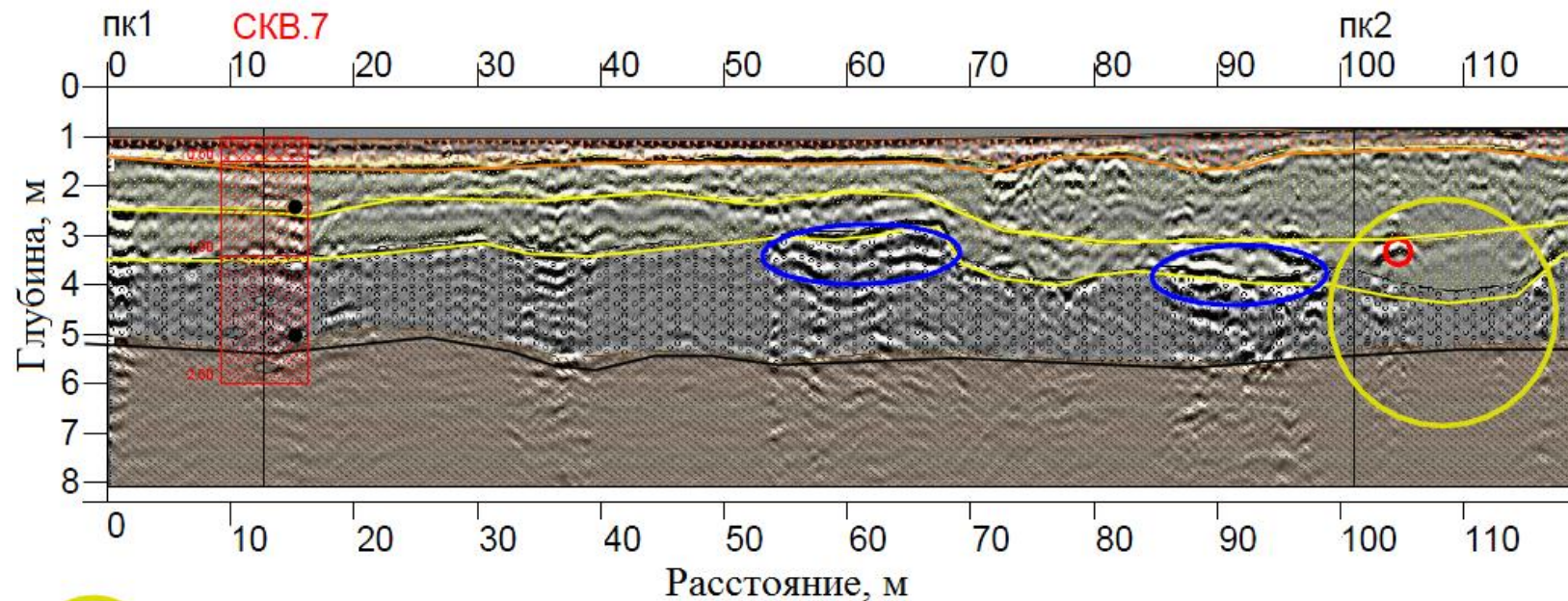


- Результаты электроразведочных работ с использованием метода вертикального электрического зондирования. Профиль № 2..
- Желтый цвет - ≥ 10000 , светло-зеленый - ≥ 9000 , темно-зеленый - ≥ 1000 и синий – от 350 до 380 Ом·м.
- На верхнем рисунке - График кажущегося электрического сопротивления (по горизонтали – расстояние в м). На нижнем рисунке - График изменения удельного электрического сопротивления с глубиной.

- Сопоставление сейсмического разреза и радарограммы по профилю № 1 (а) и № 2 (б).
- Черными линиями обозначены сейсмогеологические границы; цифрами в слое – 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.



Объект: «Капитальный ремонт автомобильной дороги Петропавловск-Камчатский - Мильково 40 км – Пиначево с подъездом к п.Раздольный и к базе с/з Заречный на участке км 4 - км 8»



Области повышенного затухания э/м волн,
связанные с понижением УЭС
(повышение глинистости грунта)

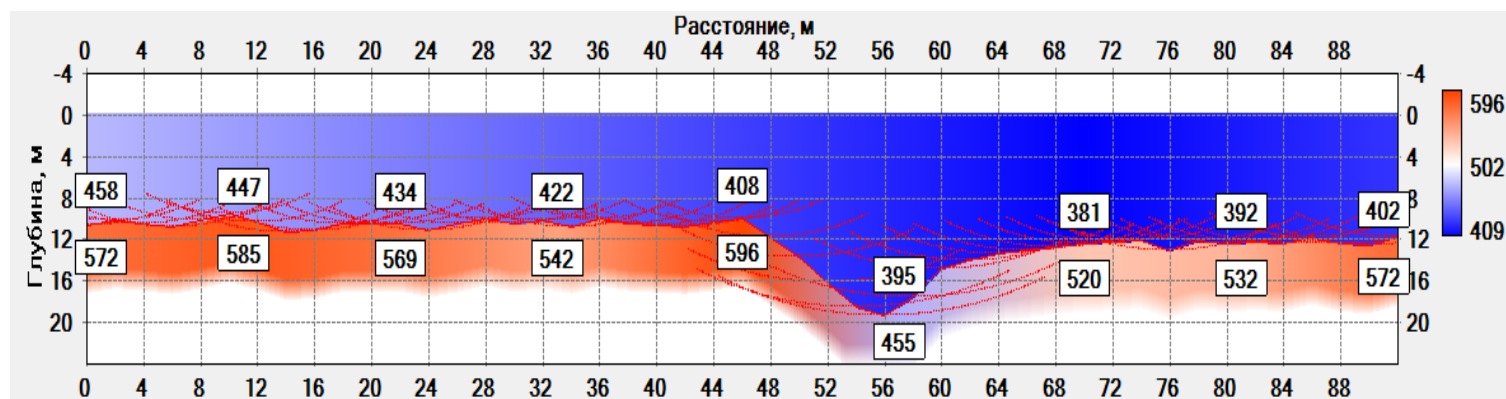
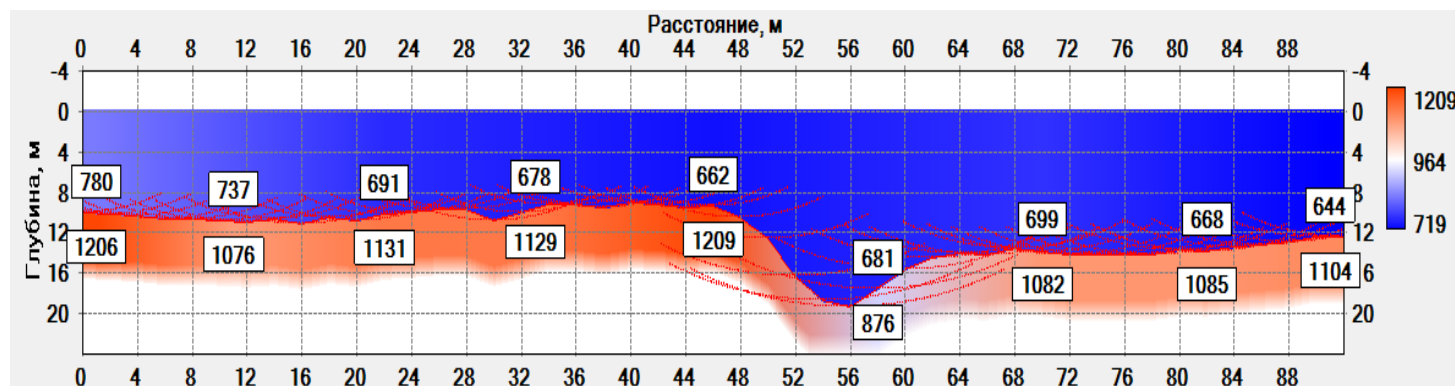


Области повышения влажности грунта



Локальные объекты
(коммуникации, трубопроводы, локальные неоднородности)

Объект: «Гостинично-деловой и спортивно-оздоровительный комплекс, расположенный к западу от пожарного депо» г. Петропавловск – Камчатский, ул. Ленинградская.



а – сейсмологическая модель участка строительства, построенная по результатам обработки годографов продольных волн; б – сейсмологическая модель участка строительства, построенная по результатам обработки годографов поперечных волн.

<i>№ ст/пк</i>	<i>H, м</i>	<i>Скорости, м/с</i>			<i>Средневзвешанные скорости, м/с</i>		<i>ρ, г/см³</i>	<i>$\rho_{ср}$, г/см³</i>	<i>ΔJ_c по V_p, балл</i>	<i>ΔJ_c по V_s, балл</i>	<i>$\Sigma \Delta J$, балл</i>	<i>J, балл</i>
		<i>V_{pi}</i>	<i>V_{si}</i>	<i>V_p/V_s</i>	<i>$V_{p_{ср}}$</i>	<i>$V_{s_{ср}}$</i>						
1/0	10	780	458	1.70	780	458	2.02	2.02	-0.07	-0.20	-0.13	9
1/22	10	691	434	1.59	691	434	2.02	2.02	0.02	-0.16	-0.07	9
1/46	10	662	408	1.62	662	408	2.02	2.02	0.05	-0.12	-0.03	9
1/70	10	699	381	1.83	699	381	2.02	2.02	0.01	-0.07	-0.03	9
1/92	10	644	402	1.60	644	402	2.02	2.02	0.07	-0.11	-0.02	9
<i>Среднее значение приращения сейсмической интенсивности, балл</i>											-0.054	9

Пример результатов расчета приращения сейсмической интенсивности.

Выводы

- Использование метода георадиолокации обеспечивает более высокую разрешающую способность в верхней части разреза. Это позволяет увидеть, например, локализацию мелких и замкнутых неоднородностей, распространенных в приповерхностной части разреза грунтов. Некоторые важные объекты инфраструктуры находятся на склонах с сейсмической и оползневой опасностью. Использование метода георадиолокации на данной территории позволяет выявить тело оползня, склоны палеоручья, а также обводненные участки. Для точной интерпретации радарограмм используется описание геологических разрезов и скважин данной местности. Метод георадиолокации позволяет также оценивать содержание влаги и эрозию грунтов. Благодаря полученным данным, появляется возможность принять правильные решения при проектировании объектов строительства на территории города Петропавловск-Камчатский.
- Работы по СМР в составе инженерных изысканий являются обязательными при фоновой сейсмичности выше 6 баллов (ОСР-2015). Опыт проведения работ по уточнению сейсмической опасности (СМР), показывает, что итоговое приращение за счет грунтовых условий может значительно меняться даже в пределах одной строительной площадки. Так же сейсморазведочные методы позволяют определять локальные неоднородности геологического участка, определять структурные нарушения, области разуплотнения.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!