

УДК 550.34

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ ПАРАТУНСКОЙ ДЕПРЕССИИ

¹Рылов Е.С., ²Берсенева Н.Ю.

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

²Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга

Научный руководитель: к.г.-м.н. Делемень И.Ф.

Выполнено исследование чехла рыхлых отложений в северной части горста р. Паратунка с целью уточнения строения пойменной части долины реки. В результате проведенного исследования построены сейсмические разрезы по профилям, рассчитаны физико-механические свойства грунтов и дана оценка интенсивности колебаний грунтов. Сделаны выводы о строении и условиях образования объекта исследований в прошлом.

Ключевые слова: инженерная сейморазведка, сейсмические свойства грунтов.

ВВЕДЕНИЕ

Паратунская тектоническая депрессия является важнейшим элементом строения верхнего структурного этажа Юго-Восточной Камчатки. В плейстоцен-голоценовое время она испытала неотектоническую активизацию, в центральной части депрессии был сформирован грабен реки Паратунка. Однако до настоящего времени неясно соотношение тектонических, гляциальных и флювиальных процессов в развитии грабена. Для решения этой проблемы были проведены инженерно-геофизические исследования на объекте, который приурочен к дизъюнктивному узлу (пересечение разрывов субширотного, северо-западного и северо-восточного простираний).

Целью работ являлось выполнение исследования чехла рыхлых отложений в северной части горста р. Паратунка для уточнения строения пойменной части долины реки. Для этого был выбран участок в районе расположения базы отдыха «Сыпучка» для уточнения соотношений тектонических процессов и процессов аккумуляции отложений в долине реки Паратунка методами инженерной геофизики (сейморазведка на преломленных волнах).

В соответствии с этой целью в процессе работ решались следующие задачи:

- Уточнение строения приповерхностного разреза отложений в долине реки Паратунка.
- Выявление возможных деформаций осадочных отложений.
- Расчет приращений балльности по методу сейсмических жесткостей.
- Определение физико-механических свойств грунта на полученных разрезах.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с заказом ООО «Изыскатель» сотрудниками ООО НИЦ «Геокансалтинг» в районе базы отдыха «Сыпучка» в ноябре-декабре 2011г. были выполнены сейсморазведочные работы. Сеть профилей выбрана на основе технического задания и геолого-топографических особенностей изучаемой площади (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения профилей в районе базы отдыха «Сыпучка».

Для определения положения преломляющих границ и скоростных параметров среды на изучаемой площади применялся вариант продольного профилирования в модификации первых вступлений по системе встречных и нагоняющих годографов с регистрацией zz - (вертикальной) компоненты сейсмического поля для продольных волн и yy - (горизонтальной) компоненты для поперечных волн. Метод основан на использовании волн, преломившихся на границе раздела под критическим углом, скользящих вдоль границы раздела и возвращающихся на дневную поверхность под тем же углом. Система наблюдения вида yy предполагает направление силового воздействия поперек (перпендикулярно) профиля и ориентацию сейсмоприемников по их наибольшей чувствительности в том же направлении. При этом возбуждается и регистрируется горизонтально поляризованная поперечная волна SH [2].

Для возбуждения продольных волн производились вертикальные удары «тампером» (падающий груз). Для возбуждения поперечных волн применялась кувалда, силовое воздействие которой производилось поперек профиля наблюдений. Чтобы избежать местных пластических деформаций в месте удара и повысить эффективность передачи энергии использовался ударный диск.

При интерпретации данных МПВ определяется положение преломляющей границы и значения граничной скорости (скорости в подстилающей толще, при условии ее однородности).

Для исследований применялась 24-канальная инженерно-геологическая сейсмическая станция Лакколит Х-3М.

При работе использовались следующие параметры регистрации:

Число каналов:	23 (24 канал нерабочий)
Шаг наблюдения:	2,5 м
Время записи:	512 мсек
Режекторный фильтр:	50 Гц

Фильтр нижних частот:	500 Гц
Частота дискретизации:	2000 Гц
Число пунктов возбуждения:	5-9

Регистрация данных осуществлялась в формате SEG-Y в виде единого файла, путем автоматического заполнения заголовка файла и заголовков трасс, в соответствии с введенными оператором данными.

Работы проводились в условиях большой мощности снега, вследствие чего отсутствовал фактор сезонного промерзания почвенного слоя. В период работ не поднимался сильный ветер. Поэтому накопление было выбрано небольшим. Для продольных волн оно варьирует в пределах 12-14 ударов на выносах и 8-12 ударов на внутренних пунктах профиля. Для поперечных волн использовалось накопление в 12 ударов. Для увеличения отношения сигнал/помеха накопленные сейсмограммы по каждому пункту возбуждения суммировались в единые файлы.

Все полевые работы проведены в соответствии с действующей Инструкцией по сейсморазведке [3], а так же РСН-66-87.

Обработка и интерпретация полученных данных производилась в программе RedExPro. Программа позволяет строить годографы и преломляющие границы, рассчитывать скоростные параметры. Преломляющие границы строились по методу t_0 .

Условия применения метода t_0 :

1. Радиус кривизны преломляющей границы значительно больше глубины ее залегания (граница «достаточно гладкая»);
2. Граничная скорость изменяется плавно;
3. Проникновение лучей во вторую среду отсутствует;
4. Покрывающая толща однородна, скорость в ней известна [1].

Скоростные параметры представлены значениями средних скоростей вышележащей толщи и граничными скоростями, а так же соотношениями продольных и поперечных волн.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По четырем выбранным профилям были построены сейсмические разрезы. С использованием данных бурения, выполненного в районе работ, была проведена стратификация выделенных сейсмических горизонтов. Выполненные исследования позволили сделать вывод о том, что разрез приповерхностной толщи рыхлых отложений (мощностью 10-15 м) имеет 3х – 4х - слойное строение (рис. 2 и 3).

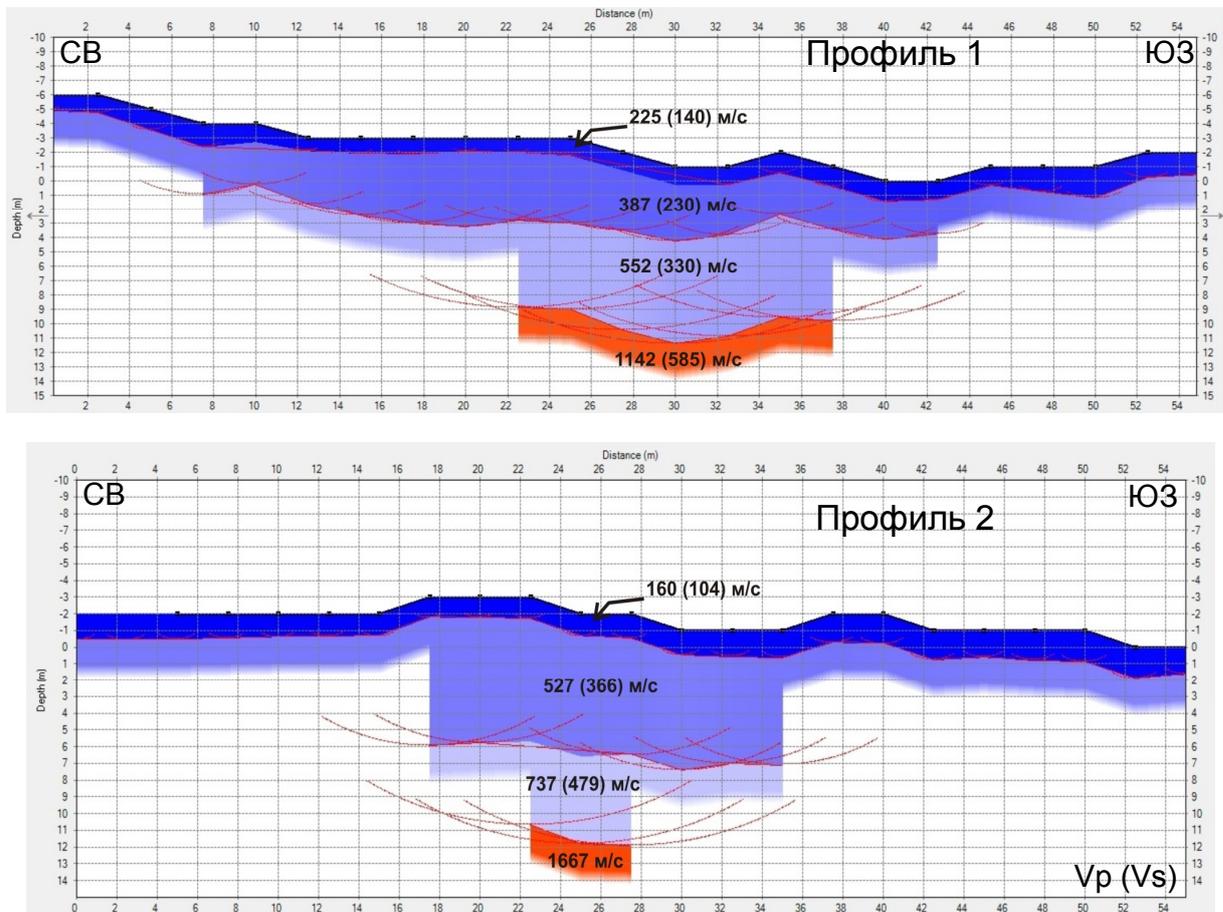


Рис. 2. Сейсмические разрезы по профилям 1 и 2.

Самая верхняя часть разреза представлена почвенно-растительным слоем и макропористой супесью. Ниже залегают пески от пылеватых до гравелистых. Основание разреза представлено галечными грунтами с пылеватым песком. Уровень грунтовых вод по данным бурения в пределах исследуемых 10 метров не выявлен.

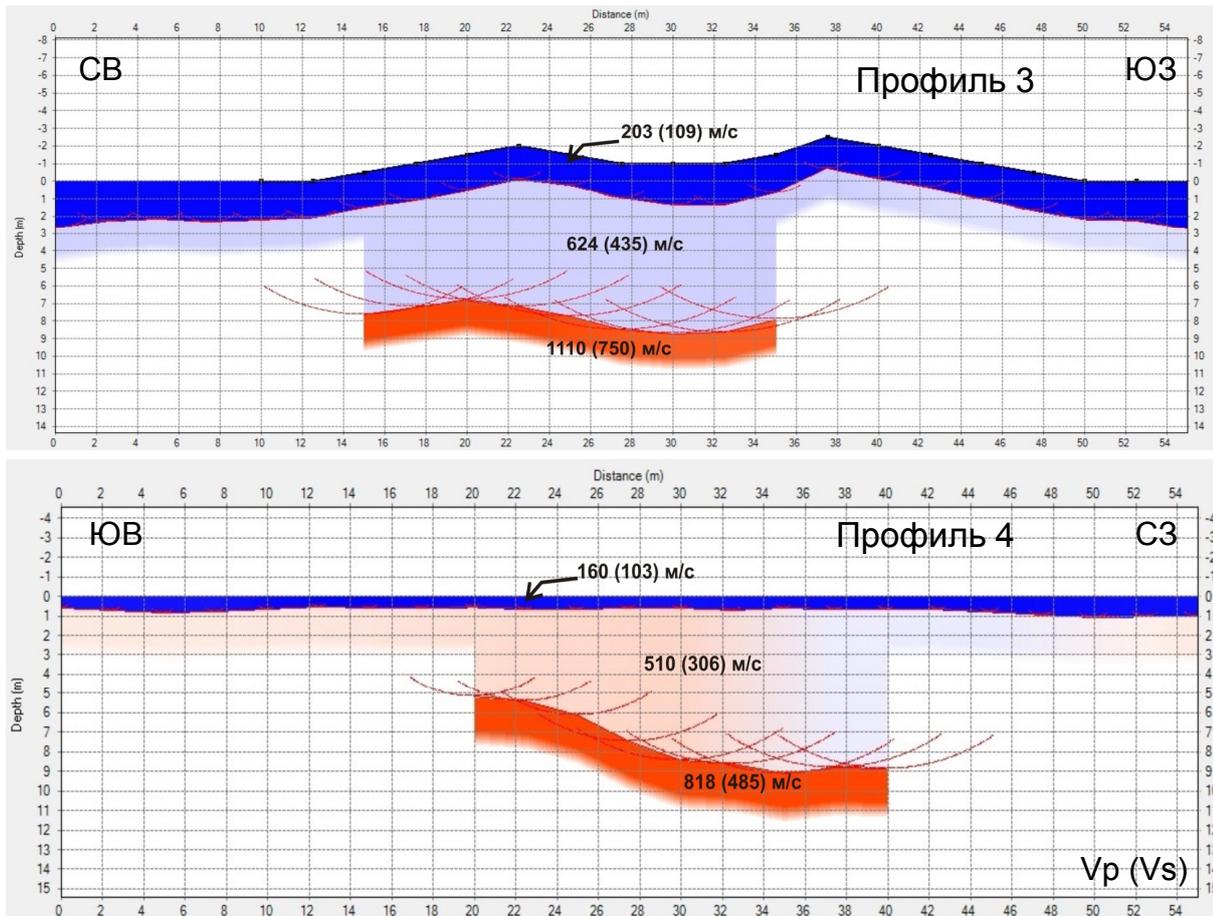


Рис. 3. Сейсмические разрезы по профилям 3 и 4

По данным геолого-геоморфологической интерпретации результатов исследований, на большей части территории слои имеют субгоризонтальное залегание (профиль 3). На 1 и 2 профилях отмечено наличие тальвега, перекрытого в южной части более молодыми рыхлыми отложениями (рис. 4). Тальвег простирается параллельно современному руслу реки Паратунка. На участке профиля 4 предполагается наличие сброса северо-восточного простирания.

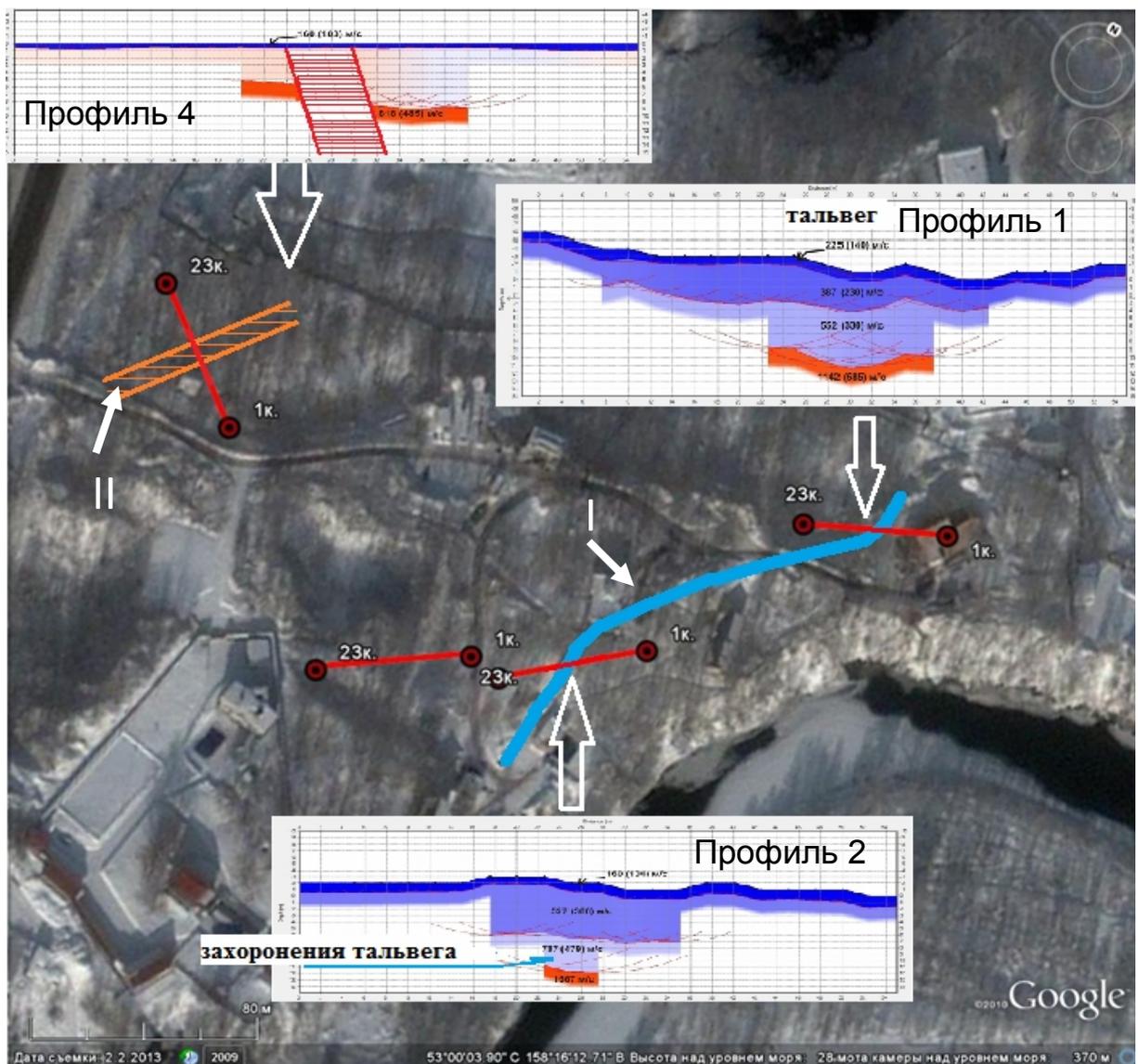


Рис. 4. На схеме показано: I - тальвег водотока (в южной части захоронен под более молодыми рыхлыми отложениями), II - штриховкой на участке профиля 4 показана зона разрывного нарушения.

По полученным сейсмическим разрезам, исходя из методики, предложенной в работе [4], для каждого пикета профиля 1 и 2 были рассчитаны физико-механические свойства грунтов: плотность (ρ), коэффициенты затухания (Q_p и Q_s), модуль динамической упругости (E_d) и коэффициент Пуассона (μ). Результаты сведены в результирующие таблицы. В качестве примера в табл. 1 приведены расчеты по профилю 1

Таблица 1. Пример представления физико-механических свойств грунтов (по профилю I).

Пикеты, м	V_p , м/с	V_s , м/с	ρ , кг/м ³	Δh , м	H , м кровля	Q_p	Q_s	Ед, ГПа	μ
0	237	148	1830	1,04	-	0,67	1,07	0,2424	0,1788
	400	243	1900	-	1,04	0,40	0,66	0,7352	0,2091
15	237	148	1830	1,55	-	0,67	1,07	0,2424	0,1788
	400	243	1900	1,42	1,55	0,40	0,66	0,7352	0,2091
	590	353	1965	-	2,97	0,27	0,45	1,6722	0,2222
30	260	162	1841	1,51	-	0,61	0,99	0,2952	0,1856
	395	240	1898	3,77	1,51	0,40	0,66	0,7159	0,2085
	608	363	1971	8,75	5,28	0,26	0,44	1,7820	0,2230
	1142	672	2109	-	12,52	0,14	0,24	6,7942	0,2349
45	220	138	1822	1	-	0,72	1,15	0,2068	0,1727
	385	234	1894	2,8	1	0,41	0,68	0,6781	0,2074
	588	351	1965	-	3,8	0,27	0,45	1,6602	0,2221
55	220	138	1822	1,29	-	0,72	1,15	0,2068	0,1727
	385	234	1894	-	1,29	0,41	0,68	0,6781	0,2074
Эталон	720	350	2000	10	-	0,22	0,45	2,7896	0,3453

Примечание: V_p и V_s – скорости, соответственно, продольных и поперечных сейсмических волн в метрах в секунду (м/с); ρ – плотность грунтов в кг/м³, рассчитанная по скоростям продольных волн; Δh – мощность индивидуального слоя сверху в метрах; H – глубина залегания кровли нижележащего слоя в метрах; Q_p , Q_s – декременты затухания, соответственно, продольных и поперечных волн; Ед (ГПа) – динамический модуль упругости; [4]; μ – коэффициент Пуассона.

Приращения сейсмической интенсивности рассчитываются по формуле [6]:

$$\Delta J = \Delta J_c + \Delta J_{угв} + \Delta J_{рез},$$

где ΔJ_c – приращение сейсмической интенсивности за грунтовые условия; $\Delta J_{угв}$ – приращение сейсмической интенсивности за счет ухудшения сейсмических свойств при водонасыщении; $\Delta J_{рез}$ – приращение сейсмической интенсивности за счет явления резонанса нескальных грунтов.

Приращение сейсмической интенсивности за грунтовые условия рассчитываются относительно средних грунтовых условий, принятых для г. Петропавловска – Камчатского в эталонной точке по формуле:

$$\Delta J_c = 1.67 \lg \frac{V_0 \rho_0}{V_i \rho_i}, \quad (1)$$

где $V_o\rho_o$ - сейсмическая жесткость средних грунтов в эталонной точке IX (Дачное, ул. Ордженикидзе, 4а), для которых скорость продольных сейсмических волн $V_p=720$ м/с, поперечных - $V_s=350$ м/с, $\rho_o = 2.00$ г/см³ [8];

$V_i\rho_i$ - сейсмическая жесткость исследуемых грунтов на пикетах сейсмического профиля;

V_o, V_i, ρ_o, ρ_i - средневзвешенные значения скоростей сейсмических волн и плотностей для средних и исследуемых грунтовых условий (рассматриваются только для 10-ти метровой толщи отложений).

Изученные разрезы не содержат обводненных горизонтов, на что указывают данные бурения. Поэтому, согласно [6] разрезы исследованы для необводненного состояния. В расчетах также не учитывалось приращение сейсмической интенсивности за счет явления резонанса нескальных грунтов. Приращение балльности рассчитывалось для верхней 10 метровой толщи для продольных (ΔJ_p) и поперечных волн (ΔJ_s) по формуле (1). Общее приращение балльности рассчитывалось по формуле $\Delta J = \Delta J_p + \Delta J_s$. Полученные данные заносились в таблицы приращений сейсмической балльности. Пример представления данных приведен в табл. 2.

Таблица 2. Расчет приращений сейсмической балльности по методу сейсмических жесткостей по профилю 1.

ПР/ПК	H, м	V_p , м/с	V_s , м/с	ρ , г/см ³	ρ , ср., г/см ³	V_p ср., м/с	V_s ср., м/с	ΔJ_p , балл	ΔJ_s , балл	$\Delta J_{общ}$, балл
1/0	1,04	225	140	1,82	1,93	441,84	264,31	0,38	0,23	0,61
	2,47	395	230	1,90						
	6,49	552	330	1,95						
1/12	1,59	225	140	1,82	1,91	397,33	237,61	0,46	0,31	0,78
	3,98	395	230	1,90						
	4,43	552	330	1,95						
1/23	1,28	225	140	1,82	1,92	429,04	257,07	0,40	0,25	0,66
	2,53	395	230	1,90						
	6,19	552	330	1,95						

Примечания: V_p и V_s – скорости продольных и поперечных волн в м/с; ρ – плотность; ΔJ_p и ΔJ_s – приращение балльности по значениям продольных и поперечных волн; $\Delta J_{общ}$ – общее приращение балльности.

Суммарные расчеты приращений интенсивности были вынесены на схему по профилям (рис. 5).



Рис. 5. Расчет приращений балльности на объекте исследований.

ВЫВОДЫ

По данным исследований площадка в сейсмическом отношении является однородной. Скоростные характеристики верхней 10-метровой толщи грунтов соответствуют II категории как по данным бурения, так и по материалам сейсмических профилей. Вместе с тем, расчетная балльность может изменяться до +0,66 баллов в сторону ее увеличения от базовых 9,0 баллов.

По данным сейсморазведки, на большей площади участка преобладает нормальное, ненарушенное разрывными нарушениями, залегание слоев.

Предположено наличие сброса, который может иметь, скорее всего, сейсмотектоническое происхождение. Метод преломленных волн позволяет выявлять разрывные нарушения только посредством обнаружения деформаций (флексур) в первичном субгоризонтальном залегании слоев. Необходима постановка других методов геофизики для уточнения особенностей дизъюнктивной тектоники.

Авторы благодарят И.Ф. Делемена за полезные консультации в процессе работы, а так же А.Б. Бубнова, С.О. Феофилактова, В.А. Логинова за помощь в организации и проведении работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайнанов В.Г. Сейсморазведка. Руководство к практическим занятиям по курсу «сейсморазведка». Издательство МГУ, 2005.
2. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. М.: Наука, 2009. – 350 с.
3. Инструкция по сейсморазведке. М.: Министерство геологии СССР, 1986
4. Никитин В.Н. Основы инженерной сейсмологии. М.: МГУ, 1981. 176 с
5. Рекомендации по сейсмическому районированию. Под ред. С.В. Медведев: М.: Литература по строительству, 1971. 66 с.
6. РСМ-73. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию. ИФЗ АН СССР, 1974
7. РСН 66-87. Республиканские строительные нормы. Технические требования к производству геофизических работ. Сейсморазведка., М.: МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1987, 54 с.
8. Сводный отчет по сейсмическому микрорайонированию г.Петропавловска-Камчатского. КО «КамчатТИСИЗ», 1974 г., Арх. 139.

**ENGINEERING GEOPHYSICAL RESEARCH
IN THE PARATUNKA'S DEPRESSION**

Rylov E.S., Berseneva N.Y.

The research of the unconsolidated sediments cover in the area of recreation "Sypuchka" were done to determine the seismic properties of soils. As a result of the research seismic sections on profiles were constructed, physical and mechanical properties of soils were calculated and the intensity of ground motion were assessed. The conclusions about the structure and conditions of the research object formation in the past were taken.