

УДК 550.837.76

ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ  
В РАЙОНЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ «КАРЫМШИНА»  
МЕТОДАМИ МАЛОГЛУБИННОЙ ГЕОФИЗИКИ

*Рылов Е.С.<sup>1,2</sup>, Кравченко Д.С.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

*Научный руководитель: д.г.-м.н. Н.И. Селиверстов*

В сентябре 2014 года выполнен комплекс геофизических исследований на территории комплексной геофизической обсерватории «Карымшина». Комплекс выполненных исследований включал в себя: электроразведочные работы методами вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и естественного поля (ЕП), сейсморазведочные работы, которые выполнялись по методу преломленных волн МПВ.

В результате проведенных исследований были построены геофизические разрезы с привязкой к результатам бурения. Полученный результат дает хорошее представление о строении верхней части разреза КГО «Карымшина» и дана гидрогеологическая оценка залегания подземных вод.

*Ключевые слова: комплексные геофизические исследования, геотермальная система, сейсморазведка, электроразведка.*

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение строения Карымшинского геодинамического полигона представляет особый интерес для понимания вопросов геодинамики и сейсмичности Камчатки, т.к. на его территории расположена обсерватория «Карымшина» (рис. 1) Камчатского филиала геофизической службы РАН (КФ ГС РАН), где проводятся непрерывные наблюдения вариаций электромагнитного поля в диапазоне частот 0.01 - 40 Гц, электротеллурических токов в двух взаимно перпендикулярных направлениях (7 каналов), акустической эмиссии в скважине (H = 30 м), трехкомпонентного сейсмического сигнала в диапазоне частот 0.5 - 30 Гц, а также метеопараметров (давление, температура, ветер, осад-

ки, влажность), мониторинг химического состава газов в скважинах и изучение других параметров [1,3,4].

Рассматриваемый район относится к юго-восточной окраине внутренней вулканической дуги полуострова, представляющей собой сложно построенный Южно-Камчатский антиклинорий. КГО «Карымшина» расположена на высоте около 100 м. над уровнем моря, в нижнем течении реки Карымшина, в пределах грабена реки Паратунки [1,5].

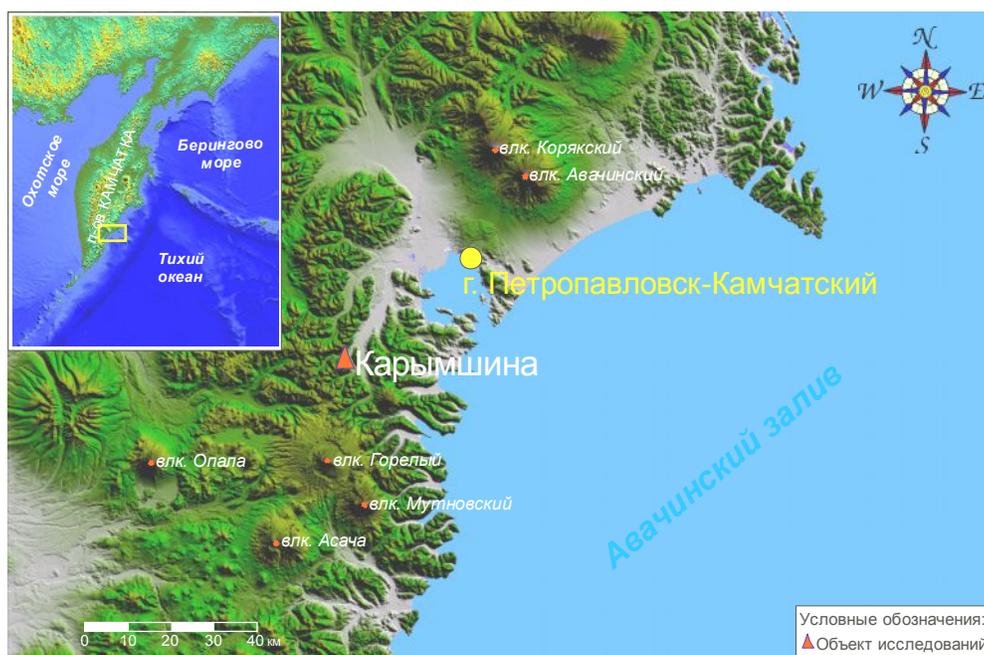


Рис. 1. Карта-схема расположения объекта наблюдений

Долина реки представляет собой сложно построенный грабен, образованный вертикальными блоковыми перемещениями пород кристаллического фундамента в раннечетвертичное время. Ложе долины заполнено толщей четвертичных отложений, их мощность в районе обсерватории – около 90 м (по данным буровых работ). Дно и борта долины сложены в различной степени дислоцированными вулканогенно-осадочными, эффузивными и интрузивными породами неогенового и четвертичного возраста. Породы, слагающие опущенный блок Паратунского грабена, на участках трещинных зон являются коллекторами напорных термальных вод Верхнепаратунского участка Пара-

тунского гидротермального месторождения, для которого характерен трещинно-жильный тип циркуляции [1,5].

Осенью 2014 г. в районе обсерватории «Карымшина» были проведены геофизические исследования:

- сейсморазведочные исследования методом преломленных волн;
- электроразведочные исследования методами вертикального электрического зондирования и естественного поля.

Работы проводились с целью решения следующих задач:

- получение сведений о строении верхней части разреза;
- определение скоростных характеристик горных пород;
- уточнение гидрогеологических условий.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Сейсмические наблюдения выполнены с помощью телеметрической сейсмической станции «ТЕЛСС-3» (ООО «ГЕОСИГНАЛ») (рис. 4). Сейсмоприемники устанавливались с интервалом 2 м. Пункты возбуждения сейсмических волн располагались на 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52 каналах с выносами на  $1/4$  длины расстановки сейсмоприемников (рис. 2). На изучаемой площадке применялся вариант продольного профилирования в модификации КМПВ с регистрацией zz- (вертикальной) компоненты сейсмического поля по системе встречных и нагоняющих годографов для продольных волн, а также вариант на преломленных волнах с регистрацией уу- (горизонтальной) компоненты [2].

Материалы сейсморазведочных наблюдений обрабатывались с помощью программного обеспечения ZondST2D (разработчик А. Каминский). Были построены системы годографов и, с помощью модулей «Сейсмотомография», «Слоистая среда» и «MASW» были построены скоростные разрезы.

Параллельно проводилась ручная обработка данных методом КМПВ, результаты представлялись в виде сейсмических разрезов.

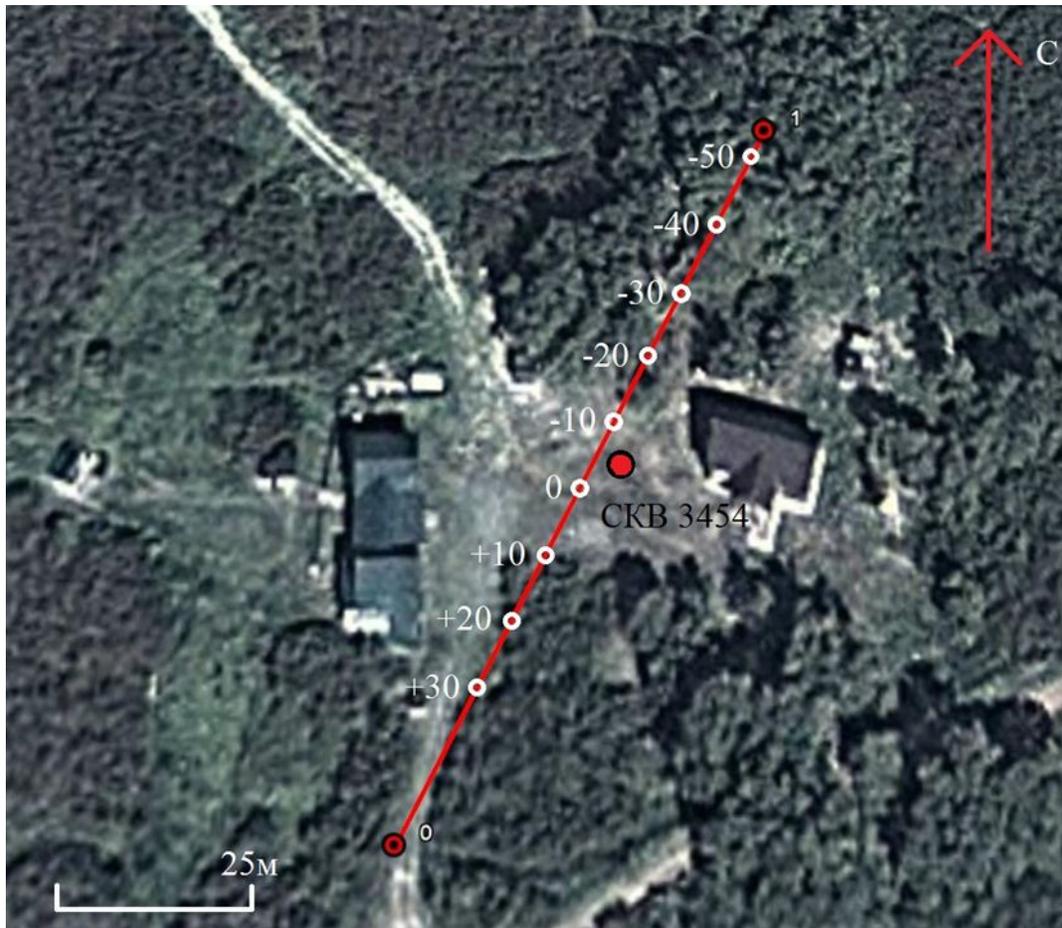


Рис. 2. Схема расположения сейсморазведочного профиля и точек ВЭЗ.

В модуле MASW на каждую полученную сейсмограмму строится дисперсионное изображение (рис. 3). Дисперсионная кривая извлекается из изображения путем пикировки фундаментальной и высшей моды (если она присутствует на дисперсионном изображении) по максимумам амплитуд. Моделирование разреза поперечных скоростей рассчитывается следующим образом: моделируются теоретическая дисперсионная кривая которая максимально приближена к измеренной кривой. Результатом обработки MASW является 1D модель, которая предполагает изменение физических параметров в слоях по вертикали и стабильность параметров по горизонтали.

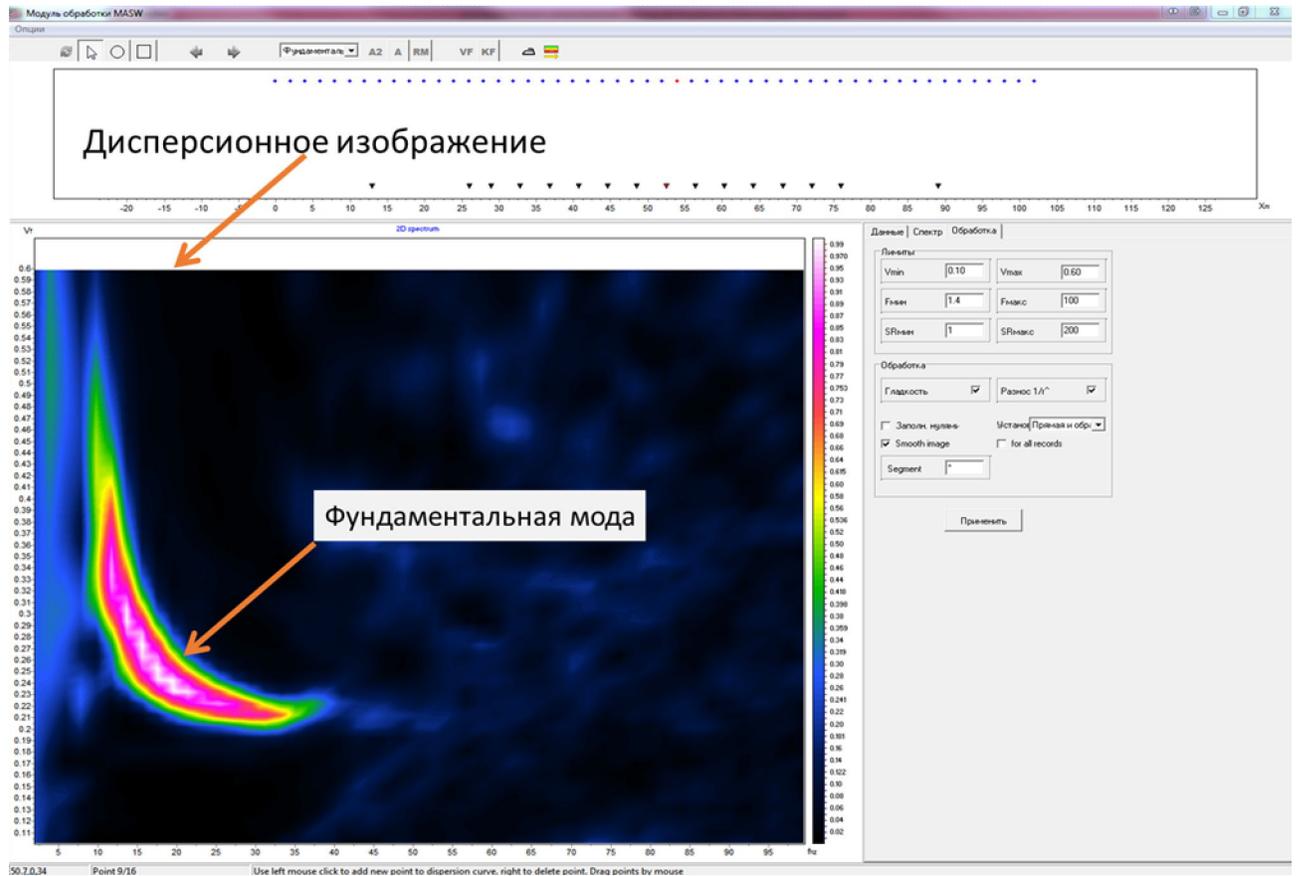


Рис. 3. Рабочее окно модуля «MASW» в программе ZondST2D.

Электроразведочные работы методами ВЭЗ [7], ЕП [2] были отработаны на том же профиле в интервале СП 0-36. В направлении с запада на восток по профилю выполнено 9 зондирований с шагом 10 м (рис. 2). Полуразносы питающей линии АВ/2: 3; 4,5; 6; 9; 15; 25; 40; 65; 100; 150; 220 м. Длина приемного диполя MN - 2 и 10 м. Измерения выполнялись на квазипостоянном токе ( $f = 0.6 - 4.88$  Гц) комплектом электроразведочной аппаратуры: многофункционального измерителя «Мэри-24» и электроразведочного генератора «АСТРА-100» (ООО «Северо-Запад») (рис. 4). Результаты измерений фиксировались в полевом журнале в виде зависимостей АВ/2( $\rho_k$ ). Для измерения ЕП использовались мультиметр М890G и неполяризующиеся электроды. Результаты ВЭЗ обрабатывались в программном модуле IPI2WIN.



Рис. 4. Аппаратурный комплекс «ТЕЛСС-3» (слева) и электроразведочный генератор «Астра-100» с измерителем «МЭРИ-24» (справа).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По результатам работ методами сейсморазведки и электроразведки на профиле построены сейсмотомографические (рис. 5) и сейсмические разрезы по продольным (рис. 6) и поперечным волнам (рис. 7), полученные в результате моделирования по методу MASW, геоэлектрический разрез (рис. 8) и график изменения  $\Delta U$  (рис. 9).

Сейсмические разрезы демонстрируют геометрию границ и скоростные параметры грунтовых толщ.

При анализе сейсмотомографического разреза, построенного по продольным волнам, (рис. 5) видно, что значение скорости сейсмических волн возрастает с глубиной. На фоне слоистого разреза отмечаются участки повышенных значений скорости в приповерхностной части и неравномерное распределение скорости в нижней части разреза. По сейсмическому разрезу (рис. 6) от поверхности до глубины 12 метров наблюдается аналогичная картина: при наклонном залегании сейсмических границ сохраняется их слоистость. Скорость продольной волны на данном участке возрастает от 380 м/с до 2000 м/с.

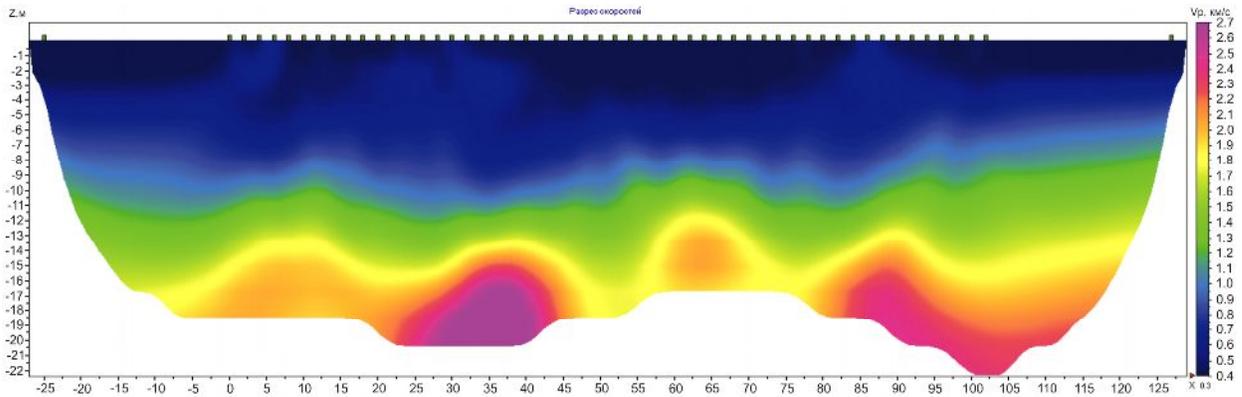


Рис. 5. Сейсотомографический разрез по продольным волнам, полученный в результате моделирования.

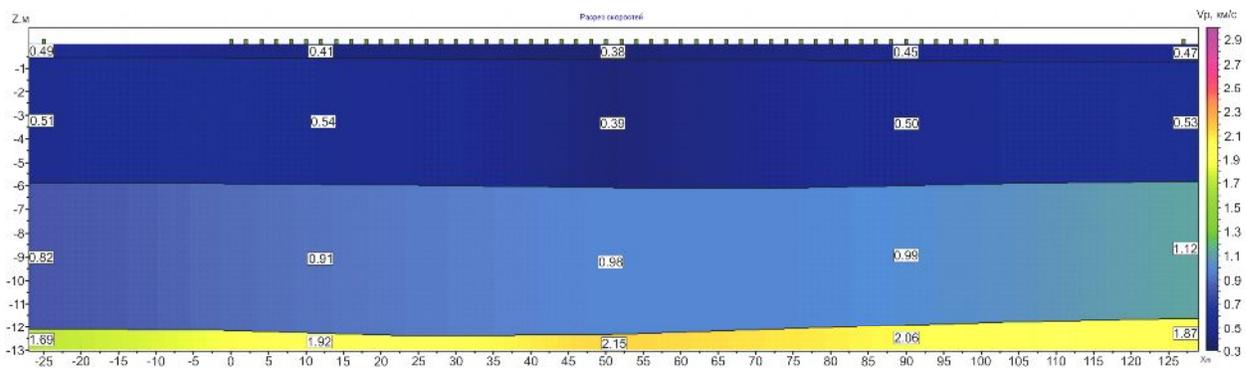


Рис. 6. Слоистая модель по продольным волнам.

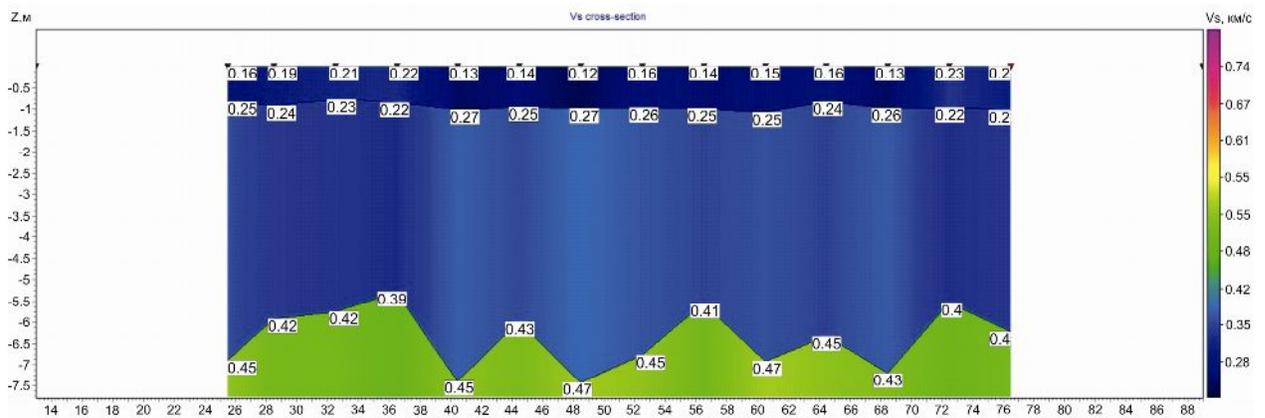


Рис. 7. Скоростное распределение поперечных волн, полученное в результате моделирования по методу MASW

Характер распределения геоэлектрических параметров по данным ВЭЗ (рис. 8) свидетельствует о существовании достаточно сложной системы водообмена в интервале глубин, проявленных на сейсмическом разрезе. При том,

что здесь отсутствует упорядоченная стратификация, особенности распределения потенциала ЕП (рис. 9) свидетельствуют в пользу этого феномена. Скорее всего, это следствие сезонного фактора: область питания водонасыщенных структур существенно обеднена и гальванические связи обеспечены, в основном, инфильтратами. В пользу такой трактовки могут свидетельствовать и повышенные значения электропроводных зон. Как правило, для Камчатки удельные сопротивления для пресных вод имеют значения от 60-70 Омм и выше, для минерализованных термальных вод – менее 20 – 30 Омм.

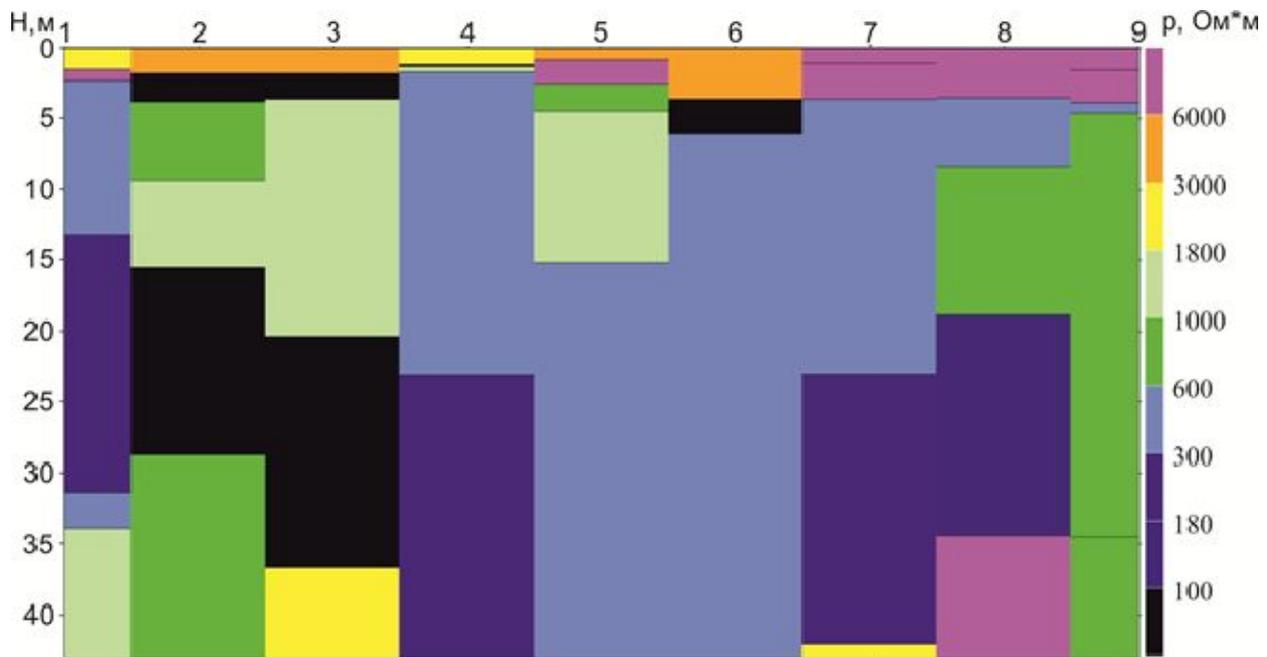


Рис. 8. Вертикальный разрез удельных сопротивлений.

По полученным сейсмическим разрезам, для каждого пикета профиля были рассчитаны физико-механические свойства грунтов: плотность ( $\rho$ ), коэффициенты затухания ( $Q_p$  и  $Q_s$ ), модуль динамической упругости ( $E_d$ ) и коэффициент Пуассона ( $\mu$ ). Результаты сведены в результирующую таблицу 1.



Рис. 9. График распределения потенциала естественного электрического поля.

Таблица 1. Физико-механические свойств грунтов по профилю.

Пикеты	V <sub>p</sub> , м/с	V <sub>s</sub> , м/с	ρ, кг/м <sup>3</sup>	Δh м	H, м кровля	Q <sub>p</sub> , б/р	Q <sub>s</sub> , б/р	Ед, ГПа	μ, б/р
0	410	160	1904	0.65	-	0.39	1.00	0.9027	0.4102
	540	250	1949	5.35	0.65	0.29	0.64	1.5502	0.3636
	910	450	2054	-	6	0.17	0.35	4.5529	0.3382
25	410	160	1904	0.65	-	0.39	1.00	0.9027	0.4102
	540	250	1949	5.35	0.65	0.29	0.64	1.5502	0.3636
	910	450	2054	-	6	0.17	0.35	4.5529	0.3382
50	380	120	1893	0.65	-	0.42	1.33	0.7896	0.4446
	390	270	1896	5.35	0.65	0.41	0.59	0.5998	0.0398
	980	470	2072	-	6	0.16	0.34	5.3743	0.3506
75	450	230	1919	0.65	-	0.35	0.69	1.0282	0.3232
	500	220	1936	5.35	0.65	0.32	0.72	1.3358	0.3800
	990	400	2074	-	6	0.16	0.40	5.7016	0.4025
100	470	200	1926	0.65	-	0.34	0.80	1.1821	0.3894
	530	230	1946	5.35	0.65	0.30	0.69	1.5131	0.3840
	1120	400	2104	-	6	0.14	0.40	7.5332	0.4269

Примечание: V<sub>p</sub> и V<sub>s</sub> – скорости, соответственно, продольных и поперечных сейсмических волн в метрах в секунду (м/с); ρ – плотность грунтов в кг/м<sup>3</sup>, рассчитанная по скоростям продольных волн; Δh – мощность индивидуального слоя сверху в метрах; H – глубина залегания кровли нижележащего слоя в метрах; Q<sub>p</sub>, Q<sub>s</sub> – декремент затухания, соответственно, продольных и поперечных волн; Ед (ГПа) – модуль упругости динамический; μ – коэффициент Пуассона.

## ВЫВОДЫ

1. По результатам полевых работ 2014 года построены сейсмотомографические и сейсмические разрезы по продольным и поперечным волнам, геоэлектрический разрез и график изменения  $U_{\text{ЕП}}$ .

2. Результаты интерпретации сейсморазведочных данных показали, что коренной массив перекрыт чехлом пролювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений, представленных, согласно данным по бурению (скв. 3454), щебнистыми, дресвяными и галечниковыми грунтами, вследствие чего скоростной градиент выражен слабее. Отмечаются участки повышенных значений скорости в приповерхностной части и неравномерное распределение скорости в нижней части разреза.

3. На участке выявлена достаточно сложная система водообмена, особенности которой проявлены во всех исследованных геофизических полях.

4. На основании полученных результатов планируется проведение мониторинга территории в летний период в виде ежемесячных исследований с целью изучения динамики изменения УГВ.

Авторы благодарят КФ ГС РАН за предоставленные данные по геологии, возможность проведения работы, за консультацию и помощь в работе. Так же авторы благодарны С.О. Феофилакткову за помощь и участие в проведении геофизических исследований, и Камчатскому государственному университету имени Витуса Беринга за предоставленную аппаратуру.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Боганик Г.Н., Гурвич И.И.* Сейсморазведка. Издание: Издательство АИС, Тверь, 2006 г., 744 стр.
2. *Делемень И.Ф., Мельников Д.В.* Трехмерная структурно-геологическая и геоморфологическая модель полигона геофизических наблюдений КФ ГС РАН «Карымшина – Верхняя Паратунка»// Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Первая региональная научно-техническая конференция. 11-17 ноября 2007, Петропавловск-Камчатский. Тезисы докладов. Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2007. С. 13.
3. *Маништейн А.К.* Малоглубинная геофизика. Уч. пособие. НГУ, Новосибирск. 2002. 135 с.
4. *Мельникова А.В., Рылов Е.С.* Комплексные геофизические исследования локальных термальных объектов Юго-Восточной Камчатки// XIII Уральская молодежная школа по геофизике. Сборник докладов. – Екатеринбург: ИГф УрО РАН, 2012г. С. 134-136.
5. *Мельникова А.В., Шульженкова В.Н., Берсенева Н.Ю., Рылов Е.С.* Комплексные геофизические исследования в районе скважины ГК-5 (Карымшинская геотермальная система) // Материалы IX региональной молодежной научной конференции «Исследования в области наук о Земле». 2011г. С. 185–200.
6. *Салтыков В.А., Чебров В.Н., Сеницын В.И., Касахара М., Кугаенко Ю.А.* Сеть пунктов регистрации высокочастотных сейсмических шумов. Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. К 25-летию Камчатской опытно-методической сейсмологической партии ГС РАН / Отв. ред. Е.И. Гордеев, В.Н. Чебров. - Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 136-151.
7. *Хмелевской В.К.* Электроразведка. Учебник - М. изд-во МГУ, 1984 г. С ил., 422с.

STUDY HYDROGEOLOGICAL FEATURES  
IN THE GEOPHYSICAL OBSERVATORY "KARYMSHINA" METHOD  
SHALLOW GEOPHYSICS

*Rilov E.S., Kravchenko D.S.*

In September 2014 the complex of geophysical investigations on the territory of the complex geophysical observatory "Karymshina." The complex of the research included: electrical exploration methods of vertical electrical sounding and natural field, seismic surveys, which were carried out by the method of refraction seismic refraction.

The studies were built geophysical sections with reference to the results of drilling. The result gives a good idea of the structure of the upper section of the observatory "Karymshina" and given a hydrogeological assessment of underground waters.