



УДК 550.8

В. Ю. Павлова^{1,2}, И. Ф. Делемень^{1,2}

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
e-mail: sacura17041988@mail.ru, delemen@kscnet.ru*

² *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга,
Петропавловск-Камчатский*

Георадарные исследования зоны разгрузки термальных вод на участке Карымшинской гидротермальной системы (Камчатка)

В работе отражены результаты георадиолокационной съёмки зоны разгрузки Карымшинской гидротермальной системы с целью картирования геологических структур — восстановление геометрии относительно протяжённых границ, поверхности коренных пород под рыхлыми осадками, границ между слоями с различной степенью водонасыщения.

Введение

Карымшинская гидротермальная система располагается к западу от вулканов Восточно-Камчатского вулканического пояса в пределах долины рек Паратунка и Карымшина и является составной частью Верхне-Паратунской геотермальной системы, приуроченной к зоне гигантской кальдеры древнего потухшего супервулкана, располагающегося между гор Ягодное, Толстый мыс, Горячая, Бабий камень [4] (рис. 1). Структурная позиция этой системы определяется пересечением сброса-сдвига, протягивающегося вдоль оси этой долины с поперечным к нему разломом (рис. 2).

Термальные воды приурочены к резервуару, представленного трещинно-жильной зоной в пределах вулканических отложений миоцен-плиоценового возраста (кислые туфы). Результаты комплексных геофизических исследований в этом районе [5], в дополнение с георадиолокацией, позволили увидеть строение зоны разгрузки Карымшинской гидротермальной системы.

С 1987 г. на участке Карымшинской гидротермальной системы осуществляются непрерывные наблюдения за режимом подземных вод и газов. Комплекс режимных наблюдений производится каждые 6 дней и включает в себя измерения атмосферного давления и температуры воздуха, измерения температуры и расхода воды самоизливающихся скважин (ГК-5; ГК-15; ГК-44; К-44 и ГК-17), отбор проб воды и газа для последующего их анализа в лабораторных условиях на базе аналитического центра ИВиС ДВО РАН [3].

Источники часто посещают туристы, поскольку имеются два бассейна, наполняемые термальной водой из скважины ГК-5. Скважина ГК-5 (рис. 3) входит в число 4-х самоизливающихся скважин станций «Верхняя Паратунка». Бурение скважины

проводилось с 4 ноября 1966 г. по 17 февраля 1967 г. По окончании бурения глубина скважины составила 900 м, температура в устье 74°С, химический состав воды — гидрокарбонатно-сульфатный, кальциево-натриевый [1].

По результатам проведения комплексных геофизических исследований выделяются аномалии северо-восточного простирания. Отмечено, что это может быть связано с зоной трещиноватости и разгрузкой воды в верхней части разреза [5].

Материалы и методы

Георадиолокационные исследования проведены на площадке «Тёплые земли» (рис. 4), размером 50 × 140 м с помощью георадара «ОКО-250» (рис. 5), разработанный в НИИ приборостроения им. В. В. Тихомирова с центральной частотой 250 МГц (разрешающая способность 0,25 м) [2]. Использование этого метода позволило получить представление о строении приповерхностной толщи рыхлых отложений (рис. 6, 7).

Результаты и их обсуждение

Непосредственно на поверхности залегают рыхлые отложения коллювиального, флювиогляциального и аллювиального происхождения, и лишь в южной части площадки георадарных исследований вдоль кромки террасы выходят на поверхность скальные породы и их элювий (см. таблицу, рис. 8).

Для радарограмм характерно субгоризонтальное и хаотическое расположение осей синфазности и наличие отражённых электромагнитных волн до глубины 4 м, затем наблюдается их затухание с глубиной. Это обуславливает залегание несортированных валунно-галечниковых отложений, затем — массивных туфов. Местами выделяются зоны трещиноватости представленные на радарограммах проходящей волной (рис. 6, 7).

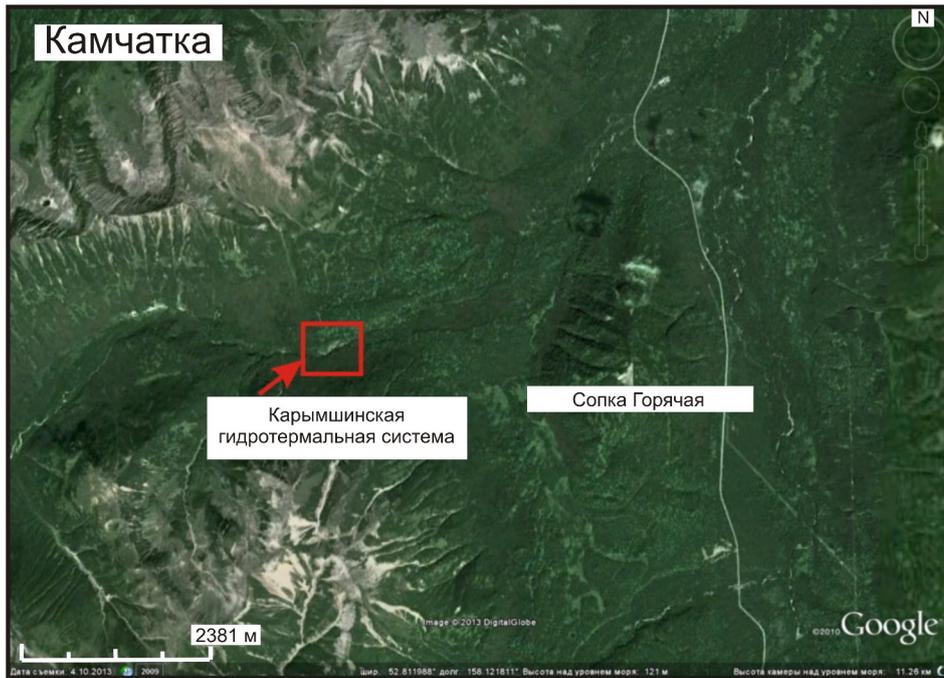


Рис. 1. Общая схема расположения Карымшинской гидротермальной системы (Камчатка)

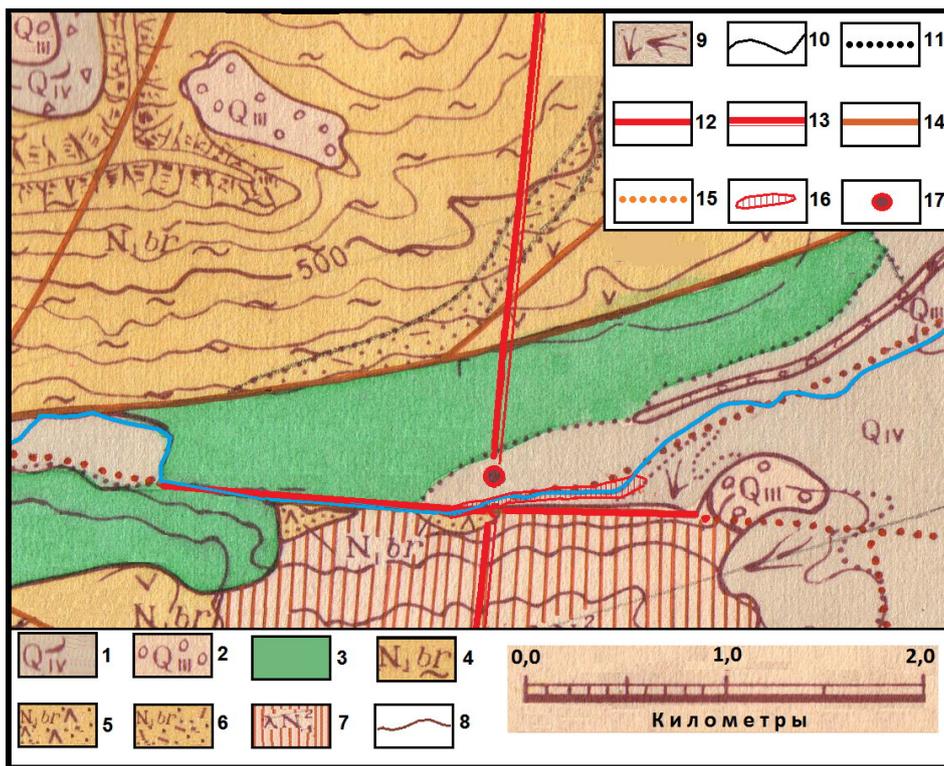


Рис. 2. Структурная позиция зоны разгрузки Карымшинской гидротермальной системы. Условные обозначения: 1 – четвертичные отложения (голоцен), делювиальные, коллювиальные и пролювиальные отложения; 2 – четвертичные отложения (голоцен), гляциальные и флювиогляциальные отложения; 3 – четвертичные отложения (голоцен), базальты; 4 – миоцен, березовская свита, игнимбриты и спекшиеся туфы; 5 – миоцен, березовская свита, туфы основного состава; 6 – миоцен, березовская свита, туфы кислого состава; 7 – верхний миоцен, кислые экструзии и субвулканические тела; 8 – изолинии рельефа; 9 – конуса выноса у подножия склонов; 10 – геологические границы; 11 – фациальные границы; 12 – субширотный термоконтролирующий разрыв; 13 – субмеридиональный термоконтролирующий разрыв; 14 – другие разрывы; 15 – разрывы, перекрытые чехлом рыхлых отложений; 16 – трещинная зона; 17 – скважина ГК-5.



Рис. 3. Скважина ГК-5. Фото В. Ю. Павловой.

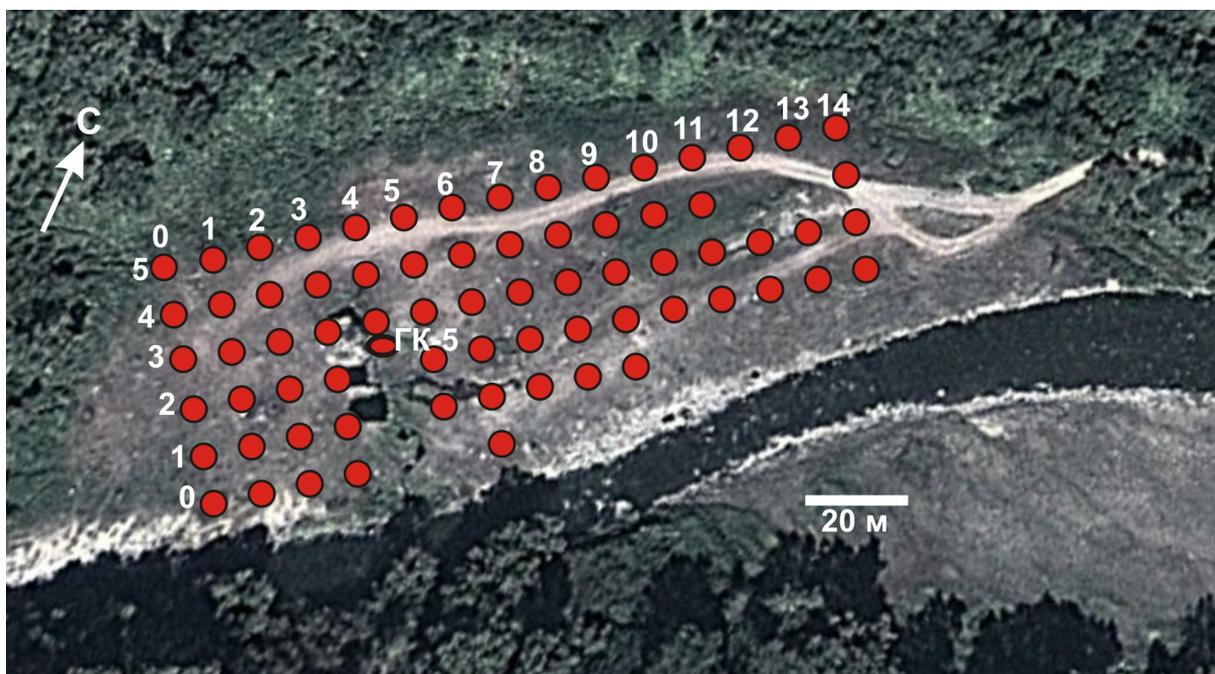


Рис. 4. Схема расположения георадарных профилей на участке «Тёплые земли» (Карымшинская гидротермальная система, Камчатка). Цифрами обозначены номера профилей: от 0 до 5 — магистральные, от 0 до 14 — ортогональные.

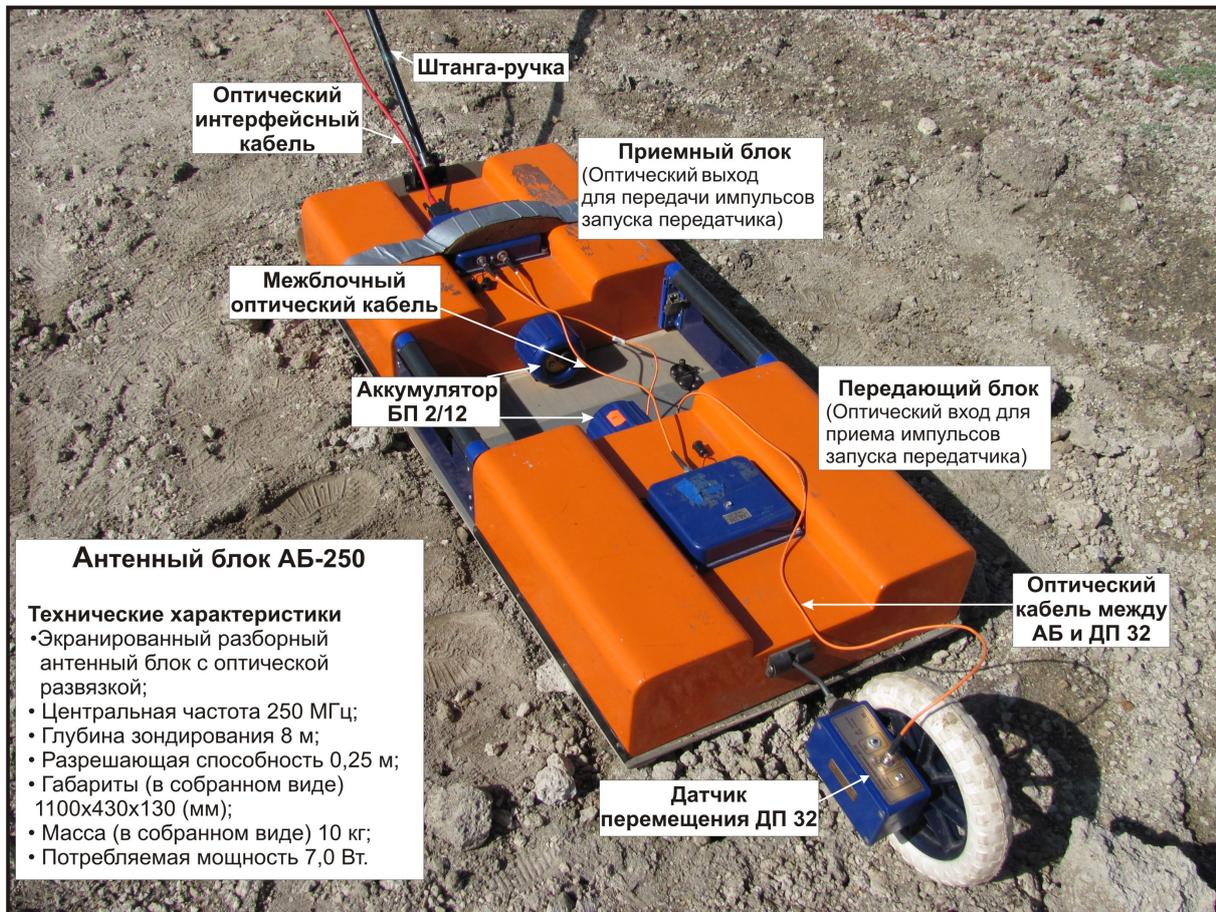


Рис. 5. Схема антенного блока георадара «ОКО-250».

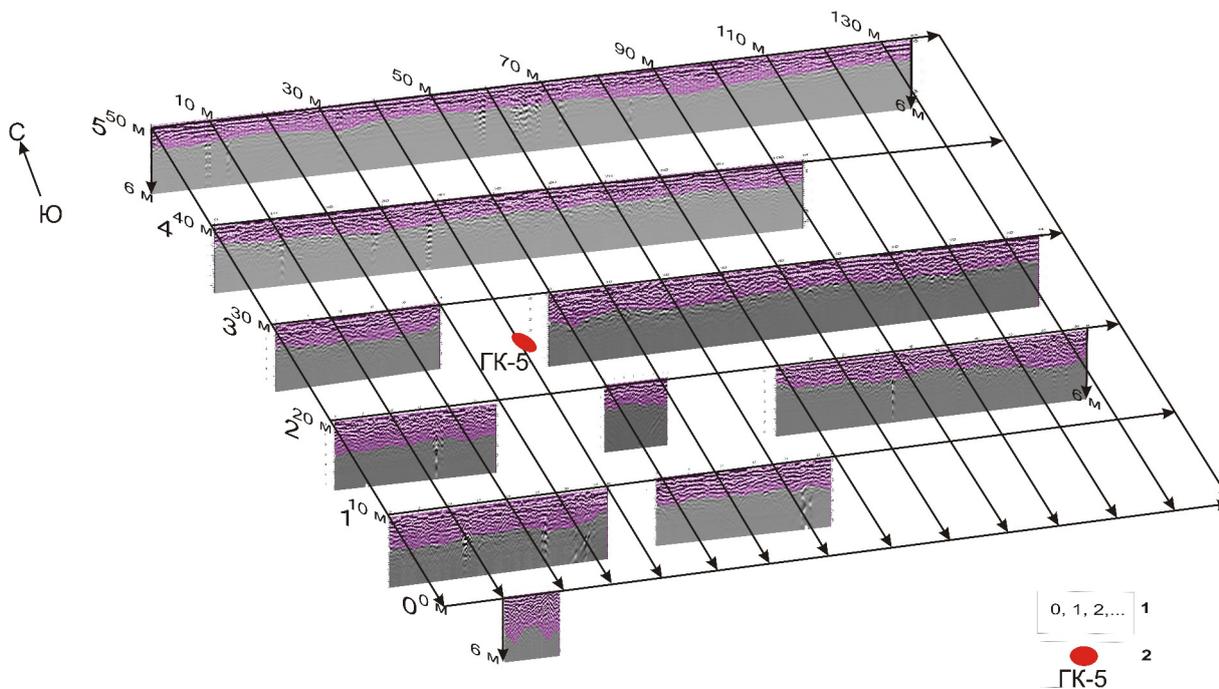


Рис. 6. 3D-модель по магистральным профилям. Условные обозначения: 1 – номера профилей; 2 – скважина ГК-5.

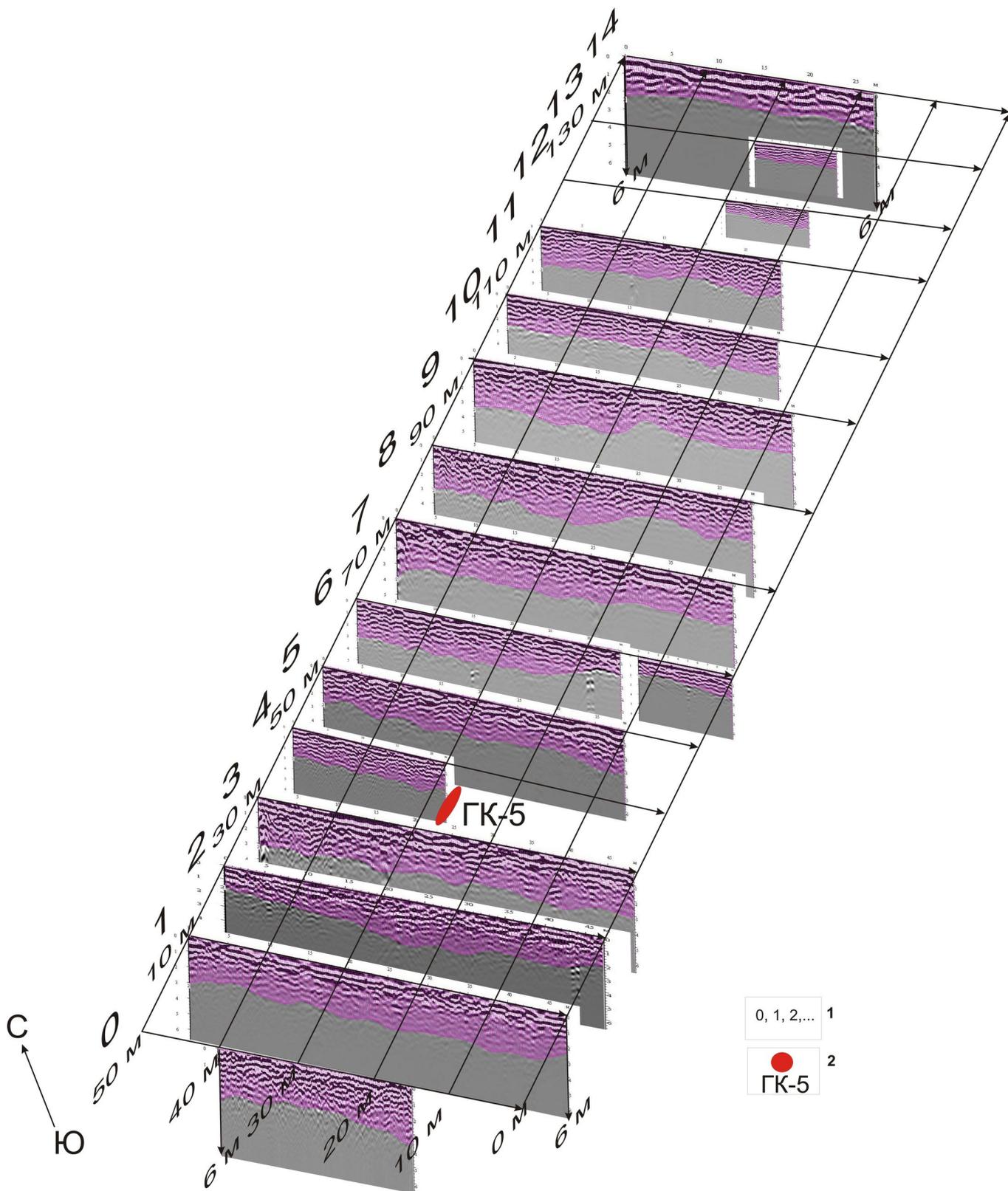
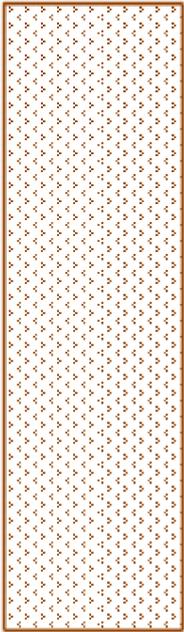
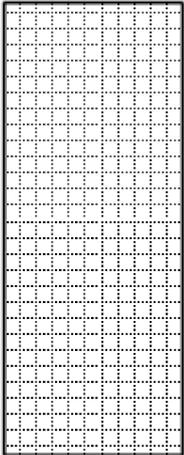
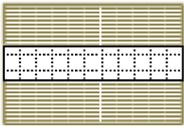
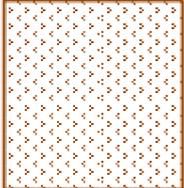


Рис. 7. 3D-модель по ортогональным профилям. Условные обозначения: 1 — номера профилей; 2 — скважина ГК-5.

Геологический разрез по скважине ГК-5 (по данным сводного отчета о результатах поисково-разведочных работ на Верхне-Паратунском месторождении термальных вод, проведенных в 1966–1980 гг.).

Геологический возраст	Краткое описание пород	Мощность слоя, м	Глубина залегания подошвы слоя, м	Геологический разрез
Q	Валунно-галечные отложения	4,2	4,2	
N ₁ br	Андезиты, туфы средне-крупнообломочные андезитового состава с прослоями туфов крупнообломочных смешанного состава. Породы пропилитизированные, трещиноватые, участками брекчированные. Трещины преимущественно субвертикальные, реже под углом 45°, выполнены карбонатом, реже хлоритом, эпидотом. Отмечается вкрапленность пирита.	611,2	615,4	
	Базальты порфиновые пропилитизированные, трещиноватые. Трещины шириной ≤1 мм, редко до 3 мм, субвертикальные и под углом 45°, выполнены карбонатом, реже эпидотом. В интервале 685–699 м — туфы грубо-крупнообломочные смешанного состава.	241,5	838,5	
P ₂₋₃ ul ₂	Аргиллиты интенсивно трещиноватые. В интервале 846,7–853,2 м — базальты	38,9	877,4	
	Андезиты мелкопорфировые слабо трещиноватые. Трещины субвертикальные и субгоризонтальные, выполнены карбонатом.	22,6	900,0	

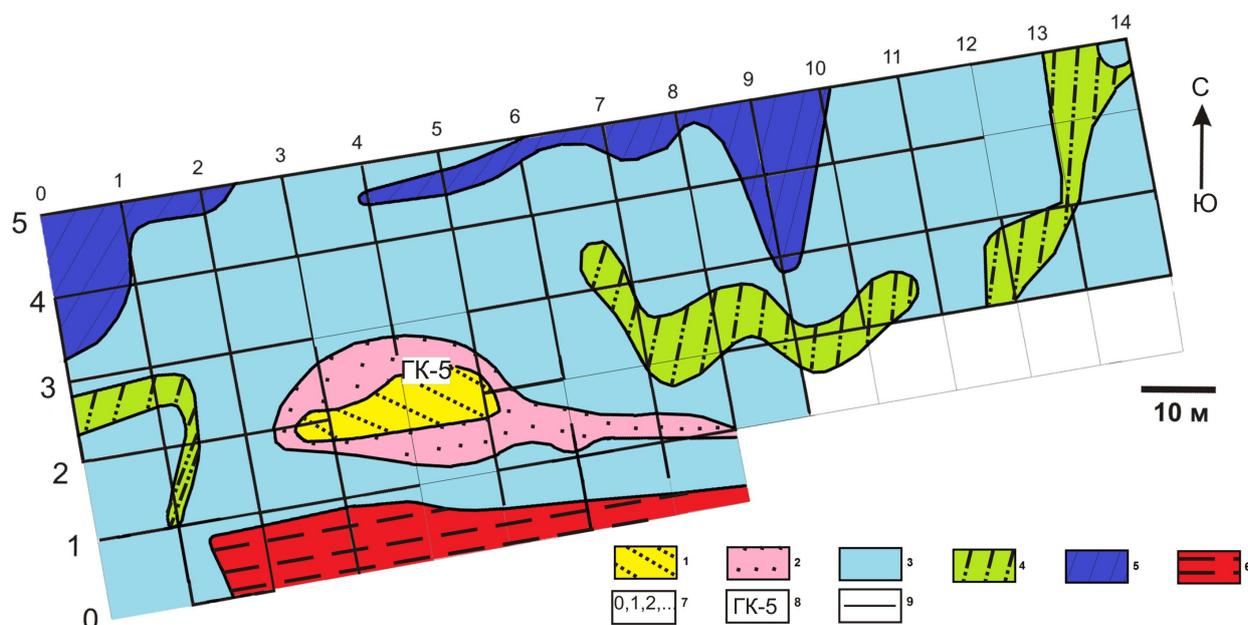


Рис. 8. Геоморфологическая схема площадки проведения георадарного профилирования. Условные обозначения: 1 — техногенно нарушенный рельеф; 2 — локальные поднятия в микроскульптуре рельефа; 3 — первая надпойменная терраса реки Карымшина; 4 — инверсионный рельеф реликтов флювиогляциальных ложбин стока; 5 — глыбовые россыпи коллювиального происхождения, местами перекрытые отложениями террасы; 6 — элювий скальных пород.

Вывод

Зона разгрузки Карымшинской гидротермальной системы представлена насортированными валунно-галечниковыми отложениями до глубины порядка 4 м, затем массивными туфами (см. таблицу), а в местах нарушения этих туфов трещинными зонами происходит разгрузка термальных вод. Зона разгрузки вытянута вдоль разлома. В данном случае, мы имеем среднетемпературную систему, приуроченную к одному разрывному нарушению.

Проведение научных исследований выполнено при поддержке проектов РФФИ № 11-05-00602, «Снижение экологических рисков в энергетике и оценка ресурсов водорода на территории Камчатского края» (выполняемому в рамках государственного задания (Регистрационный номер 5,3799.2011) и при финансовой поддержке Минобрнауки России, в рамках программы стратегического развития ФГБУ ВПО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» на 2012–2016 г.

Список литературы

1. Боярская И. Д., Сирица Д. В. Оценка воспроизводимости результатов измерений содержаний газов

в подземных водах // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Второй региональной научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 11–17 октября 2009 г. / Отв. ред. Чебров В. Н.. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2010. С. 345–347.

2. Владов М. Л., Старовойтов А. В. Введение в георадиолокацию. М.: МГУ, 2004. 153 с.
3. Кузьмин Ю. Д., Рябинин Г. В. Мониторинг газового состава и гидрохимических параметров гидротермально-магматических систем // Геотермальные и минеральные ресурсы областей современного вулканизма: материалы Международного полевого Курило-Камчатского семинара, 16 июля – 6 августа. / Гл. редактор д.г.-м.н. Рычагов С. Н.. Петропавловск-Камчатский: ОТТИСК, 2005. С. 328–342.
4. Леонов В. Л., Rogozin A. N. Карымшина — гигантская кальдера — супервулкан на Камчатке: границы, строение, объём пирокластики // Вулканология и сейсмология. 2007. №5. С. 14 – 28.
5. Мельникова А. В., Шульженкова В. Н., Берсенева Н. Ю., Рылов Е. С. Комплексные геофизические исследования в районе скважины ГК-5 (Карымшинская геотермальная система). С. 185–200¹.

¹www.kscnet.ru/ivs/publication/young_conf/2011/1/ art17.pdf