



УДК 550.837.76

В. А. Рашидов¹, Е. С. Рылов¹, Н. Ю. Берсенёва³,
И. Ф. Делемень^{1,2}, И. А. Федорченко^{1,2}, А. А. Бучек^{2,4},
С. А. Рылова¹

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
e-mail: zaratim16@mail.ru;

² Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга,
Петропавловск-Камчатский, 683 032;

³ Камчатский филиал Геофизической службы РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683 006

⁴ Управление профессионального образования и науки Белгородской области

Геофизические исследования в центральной части Природного парка «Налычево» в 2013 г.

Летом 2013 г. состоялся третий молодежный научно-исследовательский лагерь «Геофизик-13». В нём приняли участие студенты, выпускники, аспиранты и преподаватели Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга, а также сотрудники Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Камчатского филиала Геофизической службы РАН. Приводятся основные результаты выполненных работ.

Введение

Летом 2013 г. сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН совместно с преподавателями, аспирантами и студентами Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга (КамГУ) в рамках третьего Молодежного научно-исследовательского лагеря «Геофизик-13» были продолжены комплексные геолого-геофизические исследования локальных термальных площадей Налычевской гидротермальной системы, начатые здесь в 2010 г. [2, 3, 7–10, 12–14].

В 2013 г. были исследованы термальные площадки «Грифон Иванова», «Медвежья тундра», «Котёл» и «Вторая Лужа» (рис. 1а), которые расположены в долине реки Горячая и являются частью Налычевской гидротермальной системы.

Воды трещинной Налычевской гидротермальной системы относятся к углекислым хлоридно-натриевым с повышенным содержанием мышьяка и бора, и при излиянии образуют травертины из кальцита и арагонита с окислами железа и мышьяковистыми минералами [4–6]. Процесс образования травертинов в зоне разгрузки Налычевских термальных вод продолжается 15–20 тыс. лет [1].

В процессе проведения работ в 2013 г. решались следующие научные и образовательные задачи:

– получение студентами, выпускниками и аспирантами профессиональных навыков в организации, технике и методике проведения полевых комплексных геофизических исследований на локальных геологических объектах и в обработке полученных данных;

– изучение геологического строения, структурной позиции и эволюции Налычевской гидротермальной системы.

Для выполнения поставленных задач были объединены финансовые средства КамГУ им. Витуса Беринга и молодежного гранта РФФИ, современные аппаратные базы ИВиС ДВО РАН и КамГУ им. Витуса Беринга и использован оригинальный опыт предыдущих исследований термальных площадей, расположенных в пределах гидротермальных систем Камчатки [2, 3, 7–10, 12–14].

Исследования

Все измерения выполнялись современными геофизическими приборами (таблица). Для привязки точек наблюдения и определения высоты над уровнем моря использовались портативные навигационные системы Garmin GPSmap 60C. В ходе проведения работ были отобраны пробы термальных вод и травертинов для дальнейших лабораторных исследований.

В результате обработки полученных данных, выполненной с помощью современных компьютерных технологий, построены различные геофизические карты и разрезы, которые в дальнейшем можно рассматривать с различных точек зрения.

Термальная площадка «Грифон Иванова». Грифон Иванова был образован в результате обрушения стенок ствола скважины № 2, одной из пробуренных на этой территории в 1959–1960 г. Своё название он получил в честь крупнейшего российского гидрогеолога В. В. Иванова. Глубина грифона составляет 200 м [1].



Рис. 1. Расположение изученных термальных площадок природного парка «Налычево» (а). Расположение сейсморазведочных профилей на площадке «Грифон Иванова» (Фото: Е. С. Рылов) (б).

Характеристика используемых геофизических методов

	Аппаратура	Геотермальные площадки	Методы
Сейсморазведка	Сейсмостанция «Лакколит X-3М»	«Грифон Иванова», «Медвежья тундра»	Метод преломленных волн
Электроразведка	ЭРП-1	«Грифон Иванова», «Медвежья тундра»	Вертикальное электрическое зондирование, Метод естественных потенциалов
Электроразведка (георадиолокация)	Георадар ОКО с антенным блоком АБ-250	«Грифон Иванова», «Котёл»	Профильная съёмка
Ядерная геофизика	СПР-1	«Медвежья тундра», «Вторая лужа»	γ -съёмка α -съёмка
Магниторазведка	Протонный магнитометр G-856 АХ каппаметр КТ-6	«Вторая лужа», «Медвежья тундра»	Площадная съёмка полного вектора магнитной индукции и магнитной восприимчивости
Тепловая съёмка	Термометр Digital Termometer Model 2455	«Котёл»	Площадная съёмка

В 2013 г. на площадке «Грифон Иванова» были продолжены электроразведочные работы, начатые здесь в 2012 г. [10] и впервые выполнены сейсморазведочные и георадарные исследования. Сейсморазведочные исследования проведены на двух профилях длиной по 92 м и двух профилях длиной по 46 м (рис. 1б). Шаг между сейсмоприемниками составлял 2 м.

Анализ геосейсмических разрезов с учётом данных по скважине № 2 [1] позволяет сделать вывод о субгоризонтальном слое залегания приповерхностной толщи отложений (рис. 2). Значения продольной скорости растут с глубиной, что отражает главным образом увеличение плотности грунтов с ростом геостатического давления. Хорошо прослеживается верхний скоростной слой (со скоростью продольных волн ≈ 500 м/с), который соответствует травертинам с разной степенью трещиноватости и водонасыщения (рис. 2).

Отложение травертинов происходило на субстрате, представленном ледниковыми и водно-леднико-

выми отложениями, иногда представленными дугами (рис. 3а), местами со скоплениями валунов.

По данным георадиолокации максимальная глубина зондирования составила около двух метров. Из-за повышенной влажности травертинов глубина проникновения электромагнитной волны составила 100 нс (рис. 4). На участке «Грифон Иванова» в шурфах, сохранившихся со времени разведки Налычевского геотермального месторождения [1], хорошо видно, что толща травертинов сложена не менее чем тремя горизонтами травертинов различного возраста, разделённых угловыми несогласиями, межпластовыми трещинами и развивающимися по ним за счёт карстовых процессов субгоризонтальных зон разуплотнения травертинов.

В ходе выполнения электроразведочных работ методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) получены зависимости кажущегося электрического сопротивления от эффективной глубины. Измерения выполнены в 24 пунктах по четырём субширотным профилям в продолжение работ

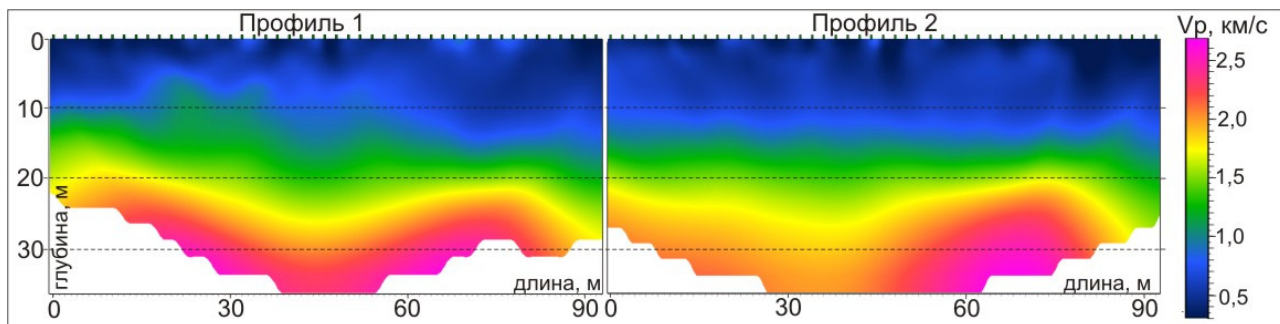


Рис. 2. Сейсмические разрезы по профилям 1–2, обработанных на термальной площадке «Грифон Иванова».

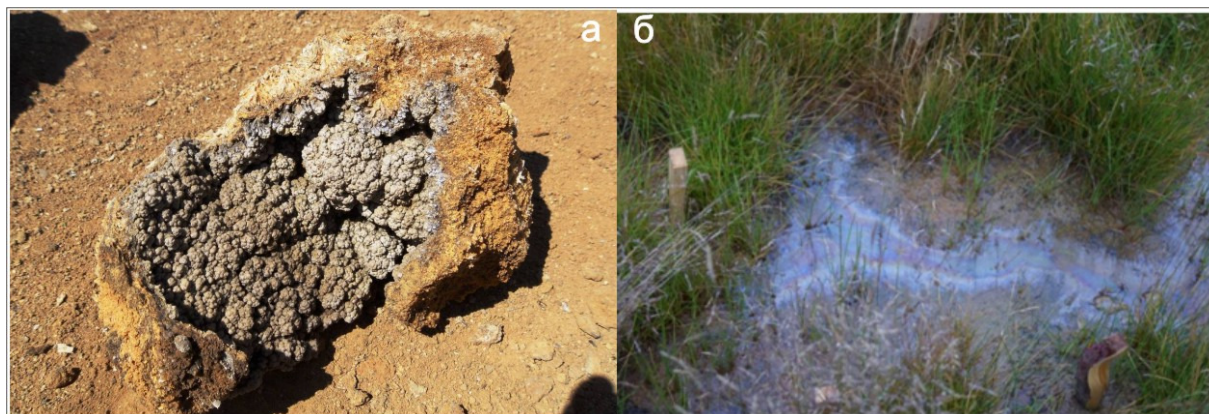


Рис. 3. Травертиновая друза (Фото: Е. С. Рылов) (а). Маслянистое пятно на термальной площадке «Вторая лужа» (Фото: М. А. Сизова) (б)

2012 г. [10] с шагом по профилю 20 м. По данным ВЭЗ определены основные геоэлектрические характеристики разреза до глубин порядка 50 м.

Верхний горизонт с удельным сопротивлением от 600 Ом·м и больше, по соотношению мощностей и сопротивлений соответствует травертинам. Ниже, залегает низкоомный водонасыщенный горизонт, приуроченный, вероятно, к зоне высокой трещиноватости и карстообразования. На периферии площадки водонасыщенный горизонт может быть связан с песками водно-ледникового происхождения. Относительно высокоомный фундамент является водупором и соответствует плотным ледниковым отложениям. В пределах термальной площадки кроме субгоризонтальных проницаемых зон по данным электроразведочных работ можно выделить и субвертикальные зоны дробления травертинов (рис. 5).

Термальная площадка «Котёл». «Котёл» — обширная пологая травертиновая площадка. На её вершине располагается пересохшая воронка глубиной 1,5 м, прекратившая функционировать после проведенного бурения. До бурения эта воронка являлась основным источником изливания на дневную поверхность термальных вод в изучаемом районе [1].

В 2013 г. в пределах термальной площадки «Котёл» были выполнены опытные георадарные, сейсморазведочные и электроразведочные исследования. На радарограммах термальной площадки «Котёл» видны хорошо прогретые (или сильно обвод-

нённые) (рис. 4) участки, на которых электромагнитный сигнал не прослеживается [11].

На термальной площадке «Котёл» была проведена температурная съемка (рис. 6), которая показала приуроченность наиболее прогретых участков к многочисленным воронкам, широко развитым в пределах этой площадки.

Термальная площадка «Вторая лужа». На термальной площадке «Вторая лужа», представляющей собой зону разгрузки стока термальных вод в долине реки Горячая (местный базис эрозии), отложения травертинов практически не происходит. Термальная площадка «Вторая лужа» целиком находится в области распространения отрицательного аномального магнитного поля, которое изменяется от $-76,5$ до $-147,6$ нТл. Величина экспозиционной дозы γ -излучения изменяется в диапазоне от 3,5 до 5 мкР/ч, а величина магнитной восприимчивости — $(0,09 - 4,44) \cdot 10^{-3}$ ед. СИ. В восточной части полигона отмечена хорошая корреляция всех трёх измеренных величин (рис. 7).

Во время проведения исследований на термальной площадке «Вторая лужа» были обнаружены большие маслянистые пятна, характерные для разлива нефтепродуктов на воде (рис. 3б). Выполненный лабораторный анализ содержания нефтепродуктов показал высокие содержания их в отобранной в этом месте пробе воды (0,78 г/л). На следующий день аналогичные пятна были обнаружены

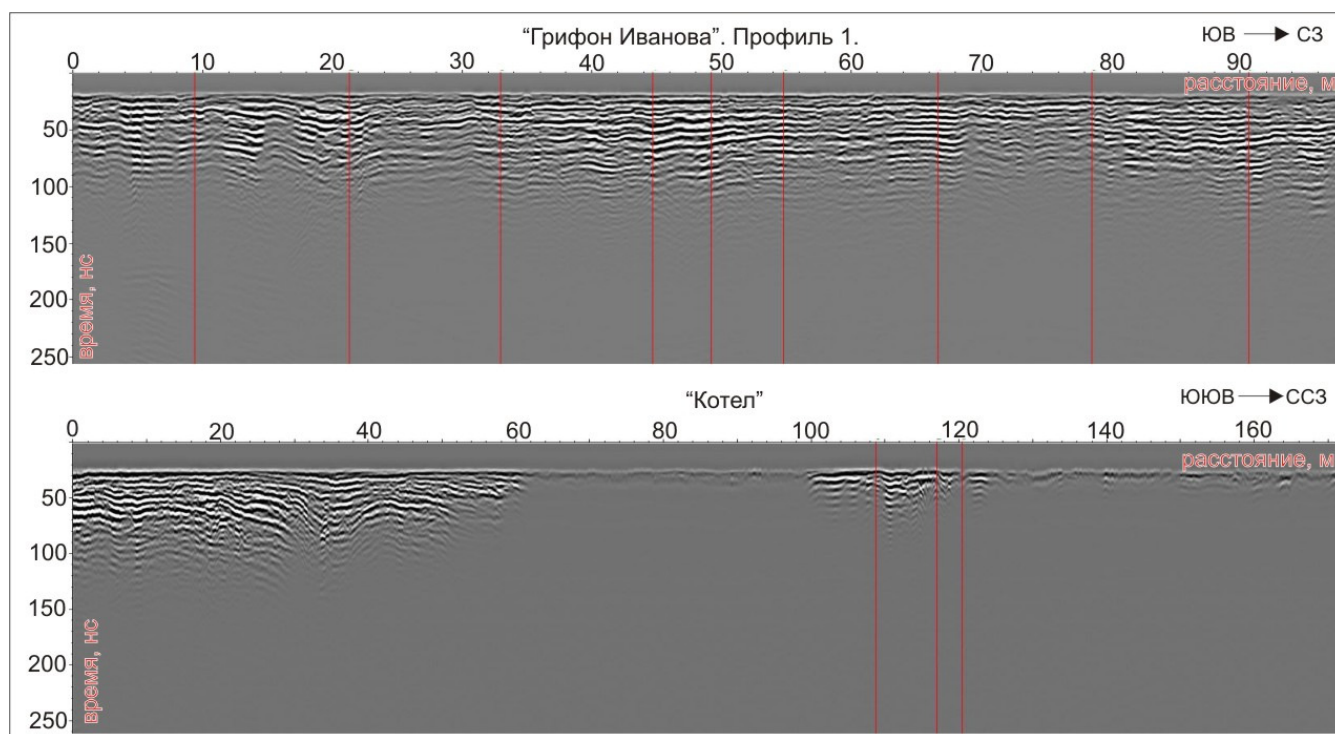


Рис. 4. Радораграммы по профилям на площадках «Грифон Иванова» и «Котёл».

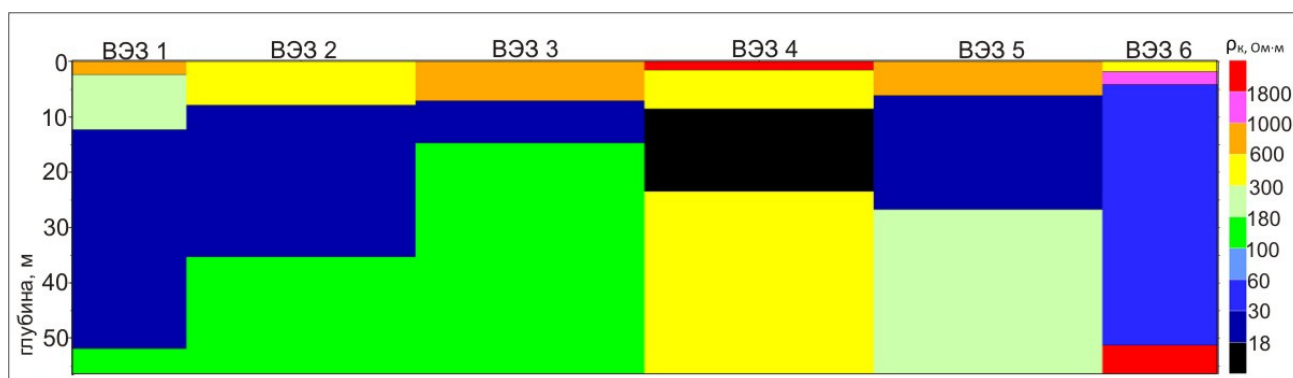


Рис. 5. Разрез удельных сопротивлений на площадке «Грифон Иванова» по профилю 0/8–10/8.

в русле ручья Котельного возле термальной площадки «Котёл» (содержание нефтепродуктов в воде — 0,45 г/л). Охранный режим территории природного парка исключает наличие источников техногенного загрязнения нефтепродуктами. На этой же территории в ряде проб почвенного воздуха были определены повышенные содержания метана (до $n \times 10^{-1}$ при фоновых значениях $n \times 10^{-4}$ об. %). Полученные результаты дают основание поставить вопрос о возможной нефтеперспективности центральной части Природного парка «Налычево».

Травертиновая площадка «Медвежья тундра».

В отличие от площадок «Грифон Иванова» и «Котёл», которые расположены непосредственно над крупным термопроводящим разрывным нарушением, на травертиновой площадке «Медвежья тундра» отсутствуют признаки разгрузки современных термаль-

ных источников. В хорошо сохранившемся шурфе, пройденном при проведении предшествующих геологоразведочных работ, видно, что разрез травертинов здесь несколько отличается от разреза активных травертиновых куполов. На этом участке слои травертинов с первичным залеганием чередуются со слоями переотложенных травертинов с признаками их гравитационного смещения по склону, а на глубине около 1 м в разрезе начинают встречаться прослойки переотложенных травертиновых песков.

Геофизические работы были выполнены на этой площадке по регулярной сети 10×10 м с одной базовой точкой (рис. 8). Здесь, впервые, начиная с 2010 г., одновременно был выполнен наиболее полный комплекс геофизических исследований, применяемых

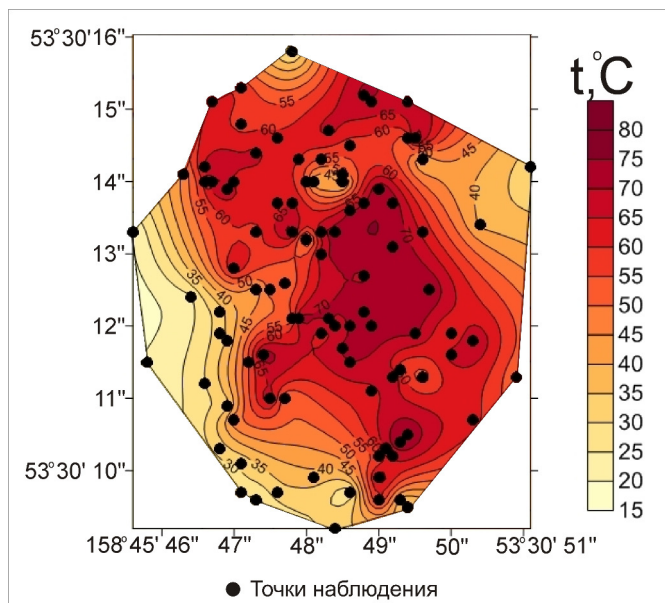


Рис. 6. Карта распределения температур на площадке «Котёл».

при изучении термальных площадок в пределах Природного парка «Налычево».

Отработанный полигон целиком находится в области распространения отрицательного аномального магнитного поля ΔT_a , которое изменяется в диапазоне от $-94,5$ до $-165,5$ нТл. Магнитная восприимчивость в пределах полигона изменяется в диапазоне $(0,1 - 9,1) \cdot 10^{-3}$ СИ. Величина экспозиционной дозы γ -съёмки — в диапазоне от 4,5 до 6 мкР/ч. В распределении естественного электрического потенциала выявлена положительная аномалия, которая наилучшим образом коррелирует с данными каппаметрии (рис. 8).

На этой площадке отработаны два сейсмических профиля с шагом между сейсмоприемниками 2 м. Первый профиль (92 м) проходит с З на В. Второй профиль (46 м) расположен вкrest первому. Анализируя полученные геосейсмические разрезы (рис. 9) можно сказать, что наименьшие значения скорости распространения продольных волн (300–1000 м/с) имеют породы с разной степенью водонасыщения, которые представлены травертином перекрытым почвенно-растительным слоем. Наибольшие значения скорости распространения волн отвечают плотным ледниковым отложениям.

Образовательная деятельность

Во время проведения Молодежного научно-исследовательского лагеря «Геофизик-13» большое внимание уделялось подготовке студентов, выпускников и аспирантов КамГУ им. Витуса Беринга к самостоятельной исследовательской работе в условиях проведения полевых работ.

Освоение методов полевых исследований, практическая работа в экспедиции дали возможность молодежи участвовать в формировании фактологической базы современной науки, что позволило

им в той, или иной степени определить направления самостоятельной научной и практической деятельности.

Вместе с тем, полевые исследования позволили молодым исследователям овладеть не только комплексом специальных теоретических знаний и практических компетенций в соответствии с избранной специальностью, но и научиться быстро адаптироваться к новым условиям жизни, быть своего рода профессионалами коммуникации, способными находить общий язык с представителями любых социальных групп: профессиональных, возрастных, статусных.

Во время проведения лагеря особое внимание уделялось организации деятельности, направленной на установление контактов равного статуса; включение в совместную деятельность при наличии экстраординарной цели; безоценочное принятие каждого члена экспедиции как уникальной личности; создание атмосферы позитивного интереса к индивидуальным различиям при акцентировании общечеловеческих ценностей.

В ходе проведения лагеря применялись программы общекультурного тренинга, направленного на осознание самого себя индивидуальностью и представителем группы, было организовано воздействие на участников с целью формирования позитивной социальной идентичности через методы активного социально-психологического обучения. Технология работы с участниками молодежного лагеря включала упражнения с сюжетно-ролевыми играми, инсценировками, групповыми дискуссиями.

Выводы

В 2013 г. были уточнены и существенно дополнены результаты геофизических исследований, выполненных в пределах Налычевской геотермальной системы в 2010 и 2012 гг. [2, 7–10, 12–14]. Впервые на исследуемой территории выполнены сейсморазведочные и георадарные работы.

Термальная площадка «Грифон Иванова» явилась эталонным объектом для выбора оптимального комплекса геофизических исследований локальных термальных площадок центральной части Природного парка «Налычево».

Термальная площадка «Медвежья тундра» выбрана, наряду с Краеведческими и Таловскими источниками в качестве перспективных объектов для дальнейших исследований.

Особого внимания заслуживают возможность изучения перспективы нефтегазоносности Налычевской долины.

Изученные термальные и травертиновые площадки Налычевской гидротермальной системы представляют собой легкодоступные объекты для различных 4D съёмок, которые интенсивно развиваются в настоящее время в гидротермальных районах [15–16].

Студенты, выпускники и аспиранты КамГУ им. Витуса Беринга получили профессиональные

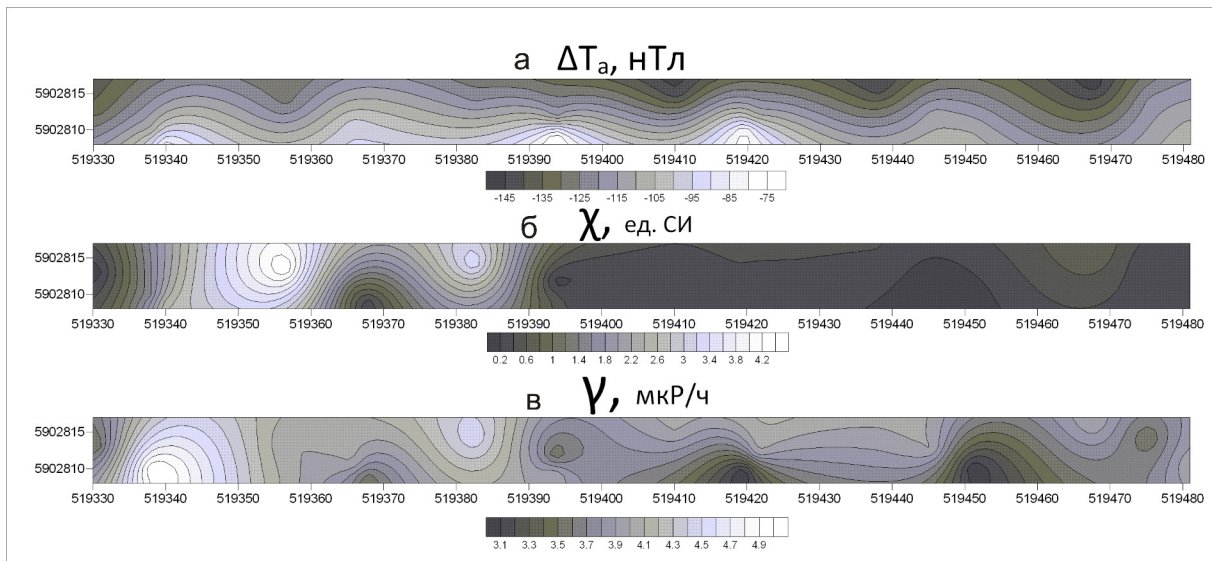


Рис. 7. Карты изменений аномального магнитного поля ΔT_a (а), магнитной восприимчивости (б) и экспозиционной дозы γ -съемки (в) на термальной площадке «Вторая лужа».

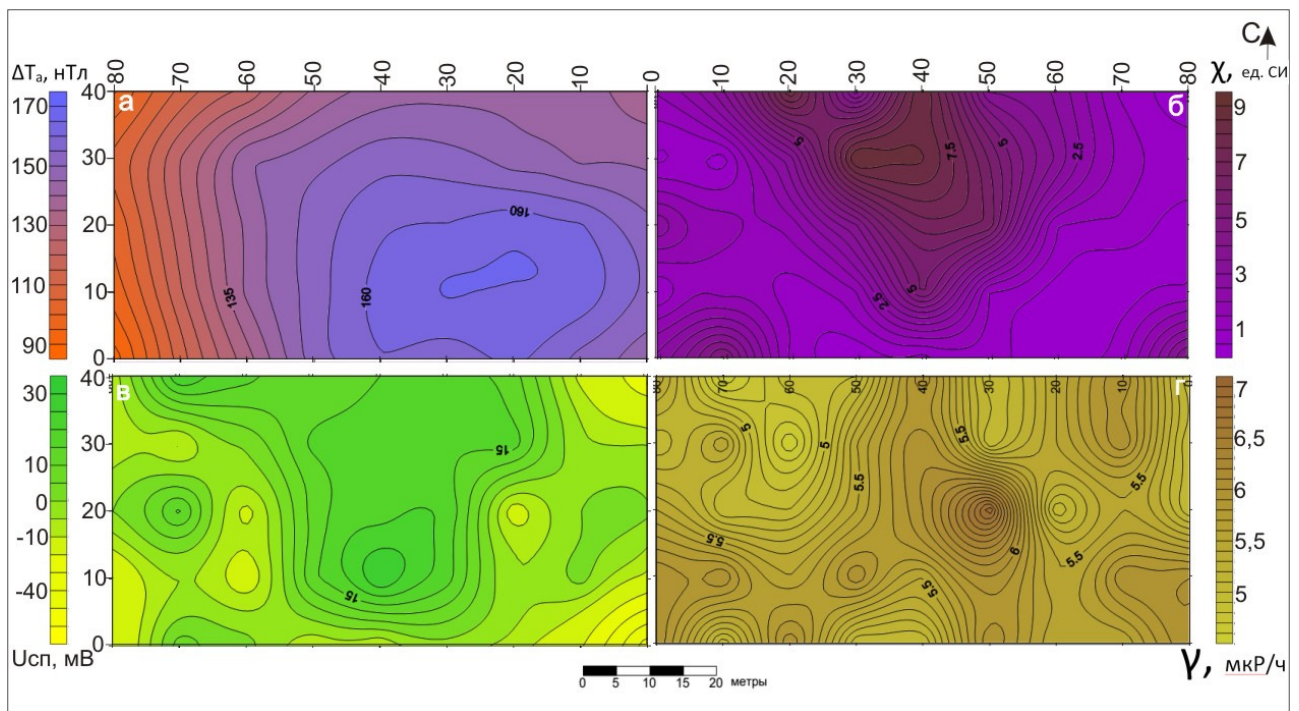


Рис. 8. Карты изолиний распределения геофизических полей на травертиновой площадке «Медвежья тундра»: аномального магнитного поля ΔT_a (а), магнитной восприимчивости (б), распределения естественного электрического потенциала (в), экспозиционной дозы γ -излучения (г).

навыки в организации, технике и методике проведения полевых комплексных геолого-геофизических исследований на локальных геологических объектах. Проведение лагеря явилось естественным полигоном для развития не только профессиональных навыков, но и личностной зрелости молодых исследователей и способствовало установлению адекватных связей между его участниками.

Работы выполнены в рамках научно-исследовательского лагеря-экспедиции «Геофизик-13» при

поддержке Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга в рамках программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «КамГУ им. Витуса Беринга» на 2012–2016 гг. и гранта РФФИ № 12-05-31419-мол. Аналитические работы по определению нефтепродуктов в воде, химическому анализу вод и газового состава почвенного воздуха, а также частичное финансирования проведения школы выполнялись при финансовой поддержке проекта «Развитие методов прогноза, поиски и оценка нетра-

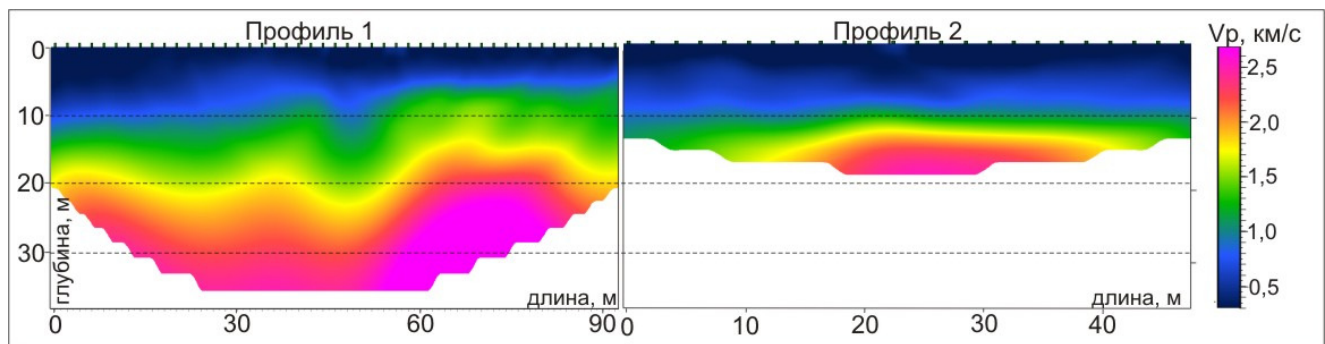


Рис. 9. Сейсмические разрезы по профилям 1–2 термальной площадки «Медвежья тундра».

диционных видов энергетических ресурсов Камчатского края» в рамках Программы стратегического развития ФГБОУ «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» на 2012–2016 гг., выполняемой по государственному заданию Министерства образования и науки РФ на выполнение работ.

Список литературы

1. Масуренков Ю. П., Комкова Л. А. Геодинамика и рудопроявление в купольно-кольцевой структуре вулканического пояса. М.: Наука, 1978. 273 с.
2. Мельникова А. В., Рылов Е. С. Комплексные геофизические исследования локальных термальных объектов Юго-Восточной Камчатки // XIII Уральская молодежная научная школа по геофизике. Сборник докладов. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2012. С. 134–136.
3. Мельникова А. В., Рылов Е. С., Шульженкова В. Н., Берсенёва Н. Ю. Комплексные геофизические исследования в районе скважины ГК-5 (Карымшинская геотермальная система) // Матер. IX региональной молодёжной конференции «Исследования в области наук о Земле». 1–2 декабря 2011 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 185–201.
4. Набоко С. И., Луговая И. П., Загнитко В. Н. Изотопный состав кислорода и углерода в современных травертинах и гейзеритах Камчатки // Минералогический журнал. 1999. Вып. 21. № 5/6. С. 33–39.
5. Новограбленов П. Т. Налычевские и Краеведческие горячие ключи на Камчатке беседы по теоретическим основам и практическому применению комплексных геолого-геофизических // Известия русского географического общества. 1929. С. 285–297.
6. Пийт Б. И. Термальные ключи Камчатки. М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1937. С. 268.
7. Рашидов В. А., Мельникова А. В. Геомагнитные исследования термальной площадки «Котёл» (Налычевская гидротермальная система, Камчатка // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: Материалы 38-й сессии Международного научного семинара имени Успенского Д. Г., Пермь, 24–28 января 2011 г. Пермь: ГИ УрО РАН, 2011. С. 254–256.
8. Рашидов В. А., Фирстов П. П. Молодёжные научно-исследовательские лагеря «Геофизик-10» и «Геофизик-12» в природном парке «Налычево» (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. № 2. Вып. 20. С. 208–213.
9. Рашидов В. А., Фирстов П. П., Делемень И. Ф. Молодёжные научно-исследовательские лагеря «Геофизик» в Природном парке «Налычево» (Камчатка) // Материалы II Школы – семинара «Гординские чтения» Москва, 21–23 ноября 2012 г. М.: ИФЗ РАН, 2012. С. 173–178.
10. Рашидов В. А., Федорченко И. А., Делемень И. Ф. и др. Изучение термальных площадок Налычевской гидротермальной системы летом 2012 г. // Материалы региональной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвящённой Дню вулканолога, 29–30 марта 2012 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. С. 187–198.
11. Старовойтов А. В. Интерпретация данных георадиолокационных наблюдений. М.: МГУ, 2008. 192 с.
12. Фирстов П. П., Рашидов В. А., Мельникова А. В. и др. Ядерно-геофизические исследования в Природном парке «Налычево» (Камчатка // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. № 1. Вып. 17. С. 231–240.
13. Фирстов П. П., Рашидов В. А., Мельникова А. В. и др. Комплексные геофизические исследования в Природном парке «Налычево» (Камчатка) в 2010 г. // Материалы региональной конференции, «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвящённой Дню вулканолога, 30 марта – 1 апреля 2011 г. — Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 112–116.
14. Firstov P. P., Rashidov V. A., Melnikova A. V., Shulzhenkova V. N. Geomagnetic and nucleargeophysical investigations of thermal travertine areas in the Nalychevo hydrothermal system, Kamchatka // 7th biennial workshop on Japan-Kamchatka-Alaska subduction processes: Mitigating risk through international volcano, earthquake, and tsunami science, JKASP-2011. Petropavlovsk-Kamchatskiy: IVIS DVO RAN. P. 294–297.
15. Glyn W.-J., Rymer H., Mauri G. et al. Toward continuous 4D microgravity monitoring of volcanoes // Geophysics. 2008. Vol. 73. № 6. P. WA19-WA28.
16. Sugihara M., Ishido T. Geothermal reservoir monitoring with a combination of absolute and relative gravimetry // Geophysics. 2008. Vol. 73. № 6. P. WA37-WA47.