



УДК 550.3

В. А. Рашидов¹, И. А. Федорченко^{1,2}, И. Ф. Делемень^{1,2},
И. А. Дубровская^{1,2}, А. В. Мельникова³, В. И. Андреев¹

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН; rashidva@kscnet.ru

² Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга

³ ООО «Изыскатель»

Изучение термальных площадок Налычевской гидротермальной системы летом 2012 г.

В результате работ, выполненных летом 2012 г., были получены новые данные о строении термальных площадок Налычевской гидротермальной системы. На термальных площадках «Котел» и «Грифон Иванова» впервые выполнена тепловизионная съёмка. На термальных площадках «Желтореченская» и «Первая лужа» впервые проведены геомагнитные и ядерно-геофизические исследования.

Введение

Летом 2012 г., в рамках Молодёжного научно-исследовательского лагеря «Геофизик-12», сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН совместно с преподавателями, аспирантами и студентами Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга были продолжены комплексные геолого-геофизические исследования локальных термальных площадок Налычевской гидротермальной системы [7], начатые в 2010 г. [2, 3, 6, 8–14].

Воды трещинной Налычевской гидротермальной системы относятся к углекислым хлоридно-натриевым с повышенным содержанием мышьяка и бора. При излиянии они образуют травертины из кальцита и арагонита с окислами железа и мышьяковистыми минералами [1, 4, 5]. Процесс образования травертинов в зоне разгрузки Налычевских термальных вод продолжается 15–20 тыс. лет [1].

Результаты и их обсуждение

В июле 2012 г. были проведены геомагнитные, электроразведочные, ядерно-геофизические и почвенно-термометрические исследования на термальной площадке «Грифон Иванова», геомагнитные исследования и γ -съёмка на термальных площадках «Желтореченская» (Желтореченские источники) и «Первая лужа» (Горячеребенские источники) (рис. 1). На термальных площадках «Грифон Иванова» (рис. 2) и «Желтореченская» измерения проводились в узлах регулярной сети размером 10×10 м, а на площадке «Первая лужа» — 5×10 м.

Геомагнитные исследования и γ -съёмка на термальной площадке «Грифон Иванова» носили ещё и методический характер. Они проводились с целью сравнения результатов съёмок, выполненных в узлах регулярной (2012 г.) и квазирегулярной (2010 г.) сетей и изучения изменения физических полей во времени (4D съёмки).

Кроме того, были выполнены профильные измерения объёмной активности радона и отобраны пробы термальных вод и травертинов для дальнейших лабораторных исследований.

В августе 2012 г. для выделения в пределах Налычевской гидротермальной системы локальных термальных площадок, перспективных для дальнейших исследований, был выполнен рекогносцировочный облёт на вертолёте. Во время посадки на Центральном кордоне впервые выполнена тепловизионная съёмка на термальных площадках «Грифон Иванова» и «Котёл». Установлено, что максимальная зарегистрированная температура на термальной площадке «Грифон Иванова» достигает $+68^\circ\text{C}$ (рис. 3), а на термальной площадке «Котёл» — $+55^\circ\text{C}$ (рис. 4). При этом данные тепловизионной съёмки на площадке «Грифон Иванова» хорошо согласуются с данными почвенно-термометрические исследования (рис. 5).

Результаты геомагнитных исследований и γ -съёмки, выполненных по регулярной сети наблюдений на термальной площадке «Грифон Иванова», показали хорошее совпадение с результатами, полученными в 2010 г., при выполнении съёмки по нерегулярной сети наблюдений. При этом получена более чёткая локализация аномалий, среди которых выделено генеральное северо-западное простирание. Существенных изменений в структуре геофизических полей не выявлено.

Величина мощности экспозиционной дозы γ -излучения на термальной площадке «Грифон Иванова» достигает 10 мкР/ч (рис. 6). Выделенная цепочка локальных аномалий имеет отчётливое простирание с северо-запада на юго-восток вдоль термального ручья. Эти аномалии обусловлены повышенным содержанием радия, который откладывался в травертиновом покрове в местах разгрузки термальных вод [11–15]. Локальные аномалии магнитной восприимчивости имеют аналогичное простирание, дости-

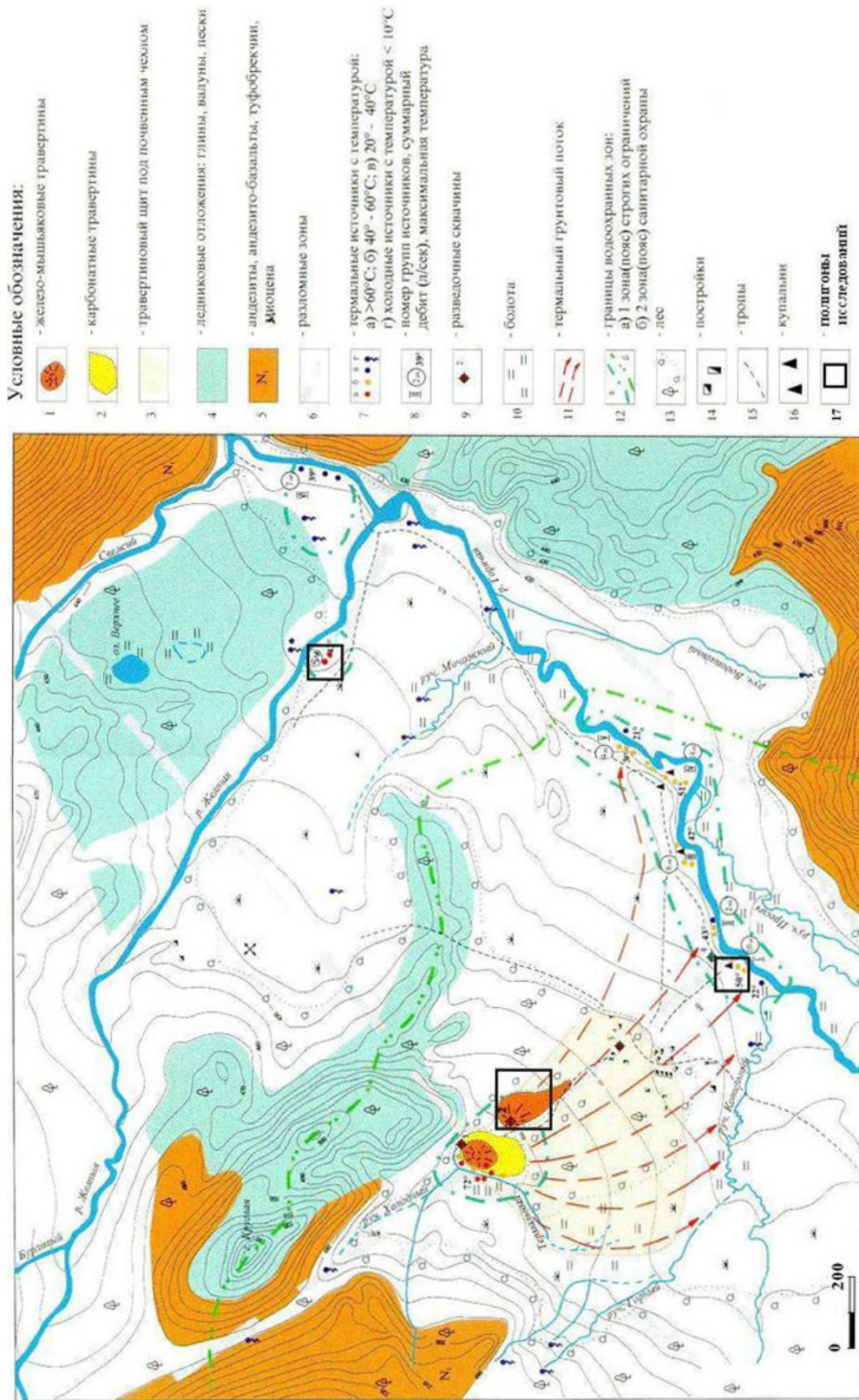


Рис. 1. Схема расположения исследованных термальных площадок на территории Нальчевской гидротермальной системы, нанесённая на карту, составленную Е. А. Вакиным в 1998 г.



Рис. 2. Границы полигона исследований на термальной площадке «Грифон Иванова». Фото М. А. Сизовой.

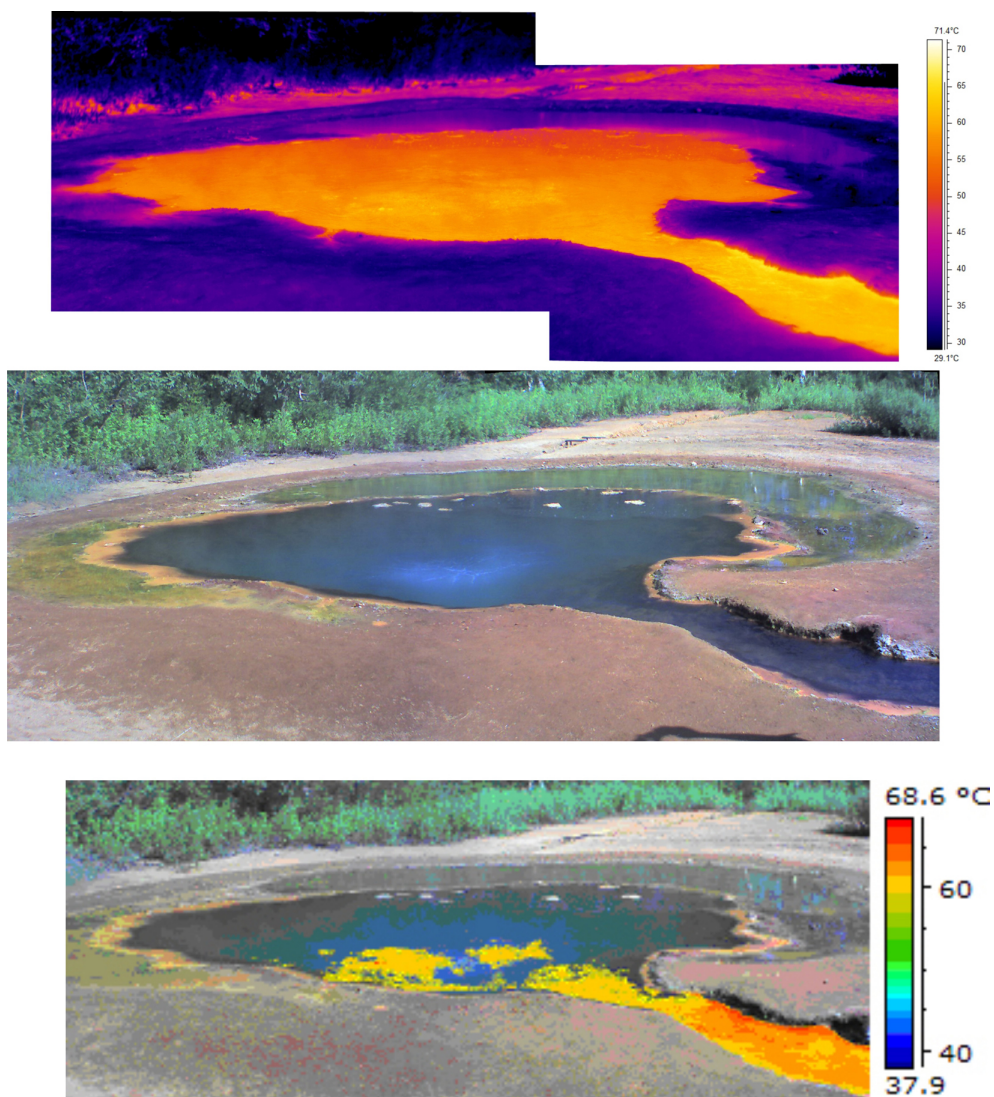


Рис. 3. Тепловизионная съёмка термальной площадки «Грифон Иванова».

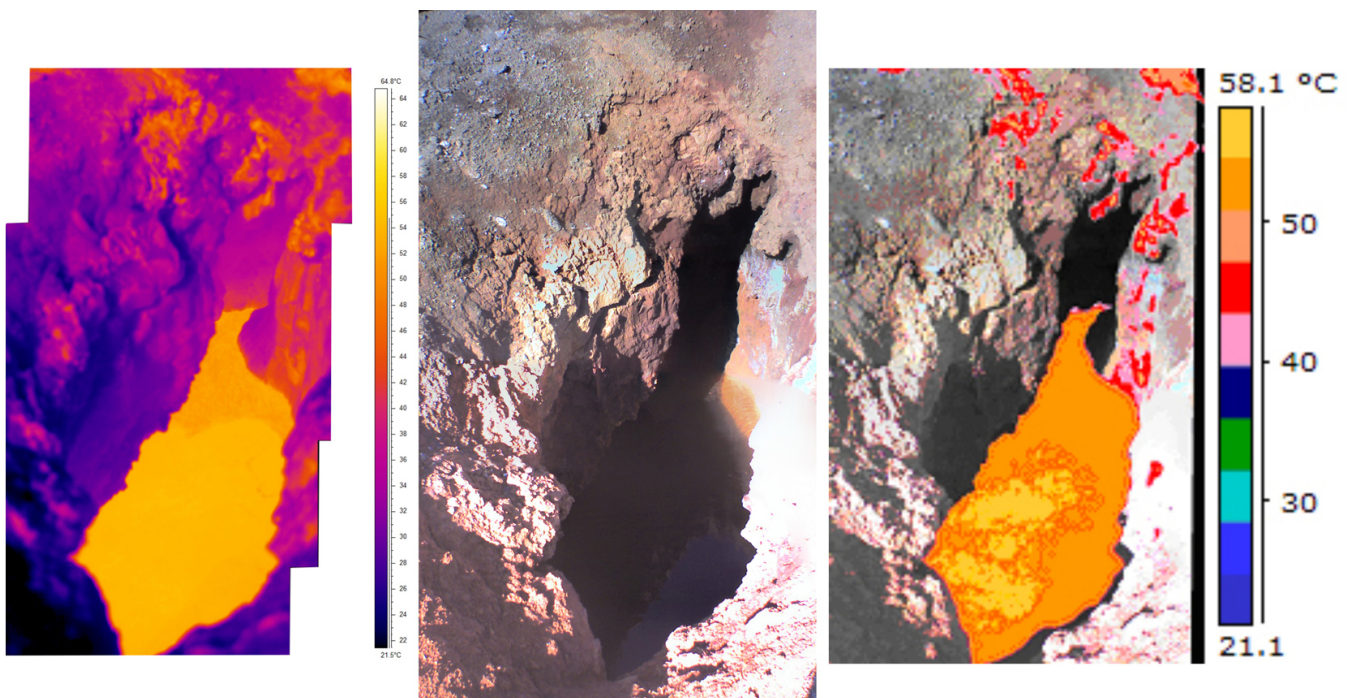


Рис. 4. Тепловизионная съёмка заполненной термальной водой зияющей трещины на термальной площадке «Котёл».

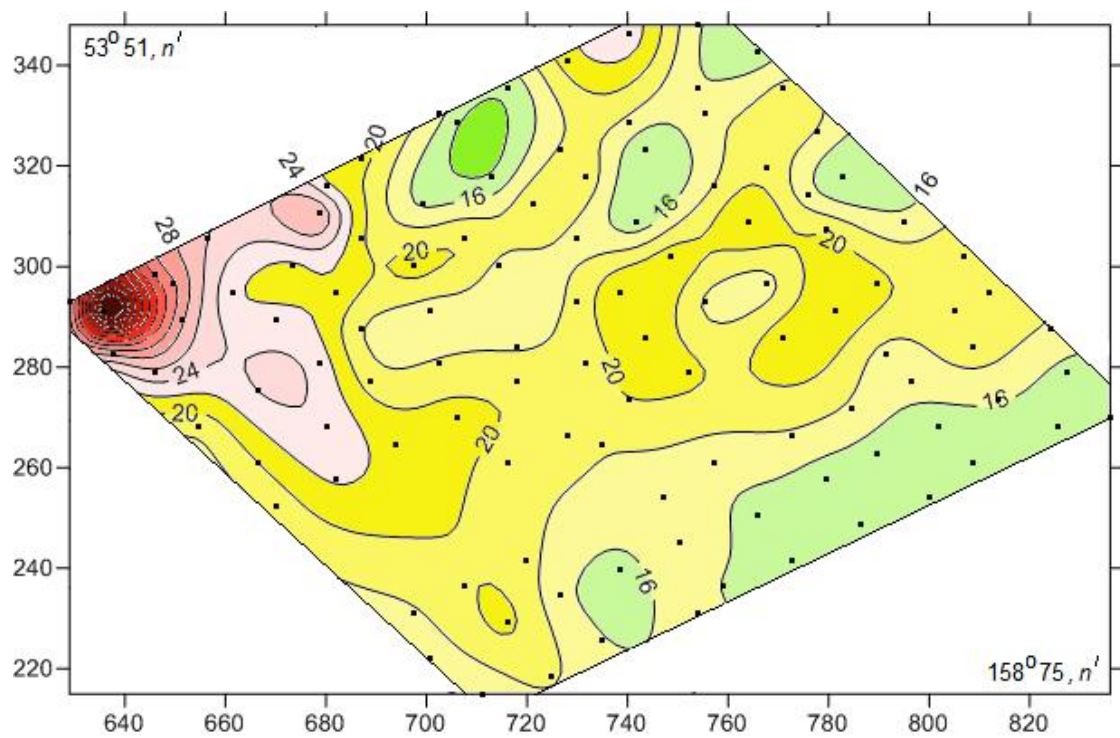


Рис. 5. Температура ($^{\circ}\text{C}$) травертинов и перекрывающей их почвы на площадке «Грифон Иванова» на глубине 0,5 м.

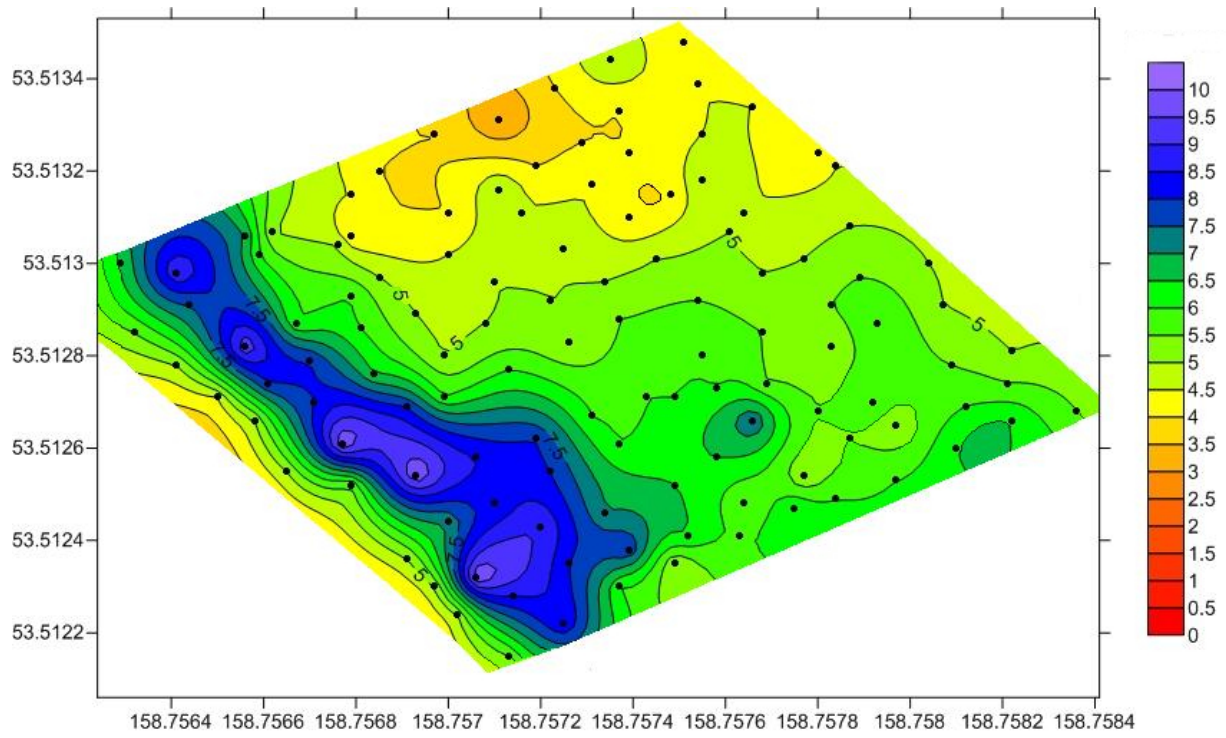


Рис. 6. Карта изменения экспозиционной дозы γ -излучения на термальной площадке «Грифон Иванова», мкР/час.

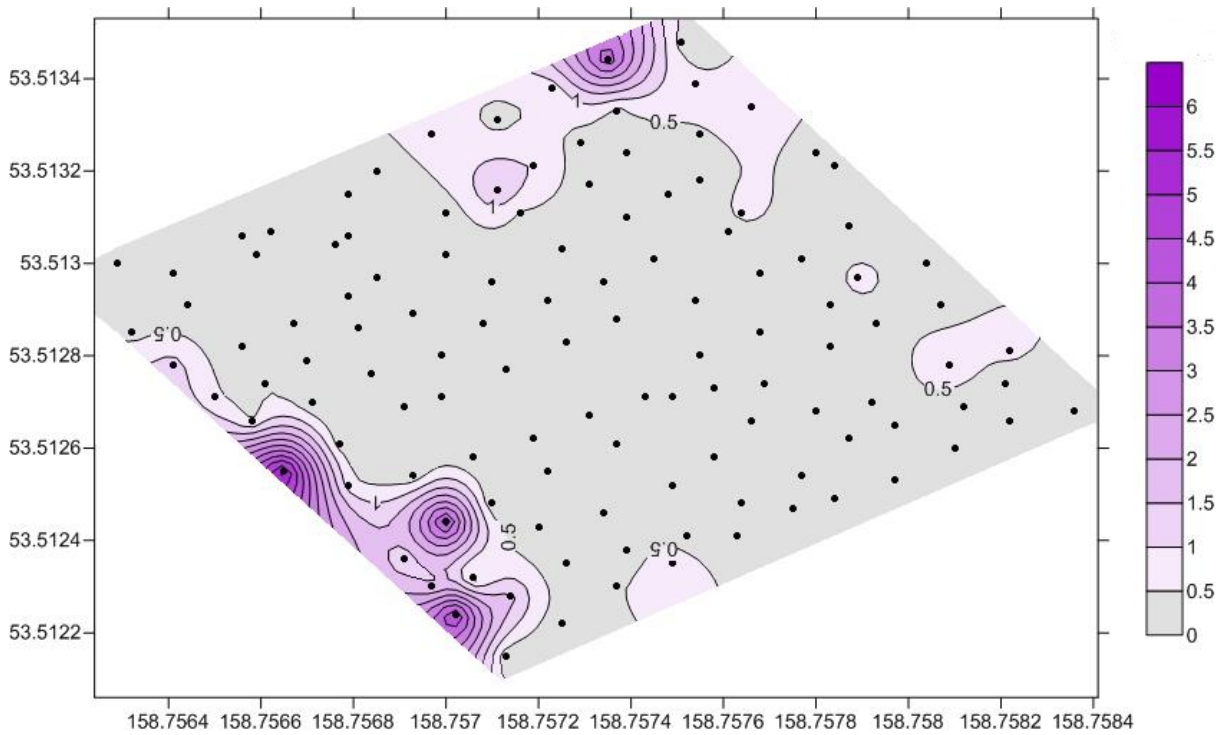


Рис. 7. Карта магнитной восприимчивости на термальной площадке «Грифон Иванова», $\cdot 10^{-3}$ ед. СИ.

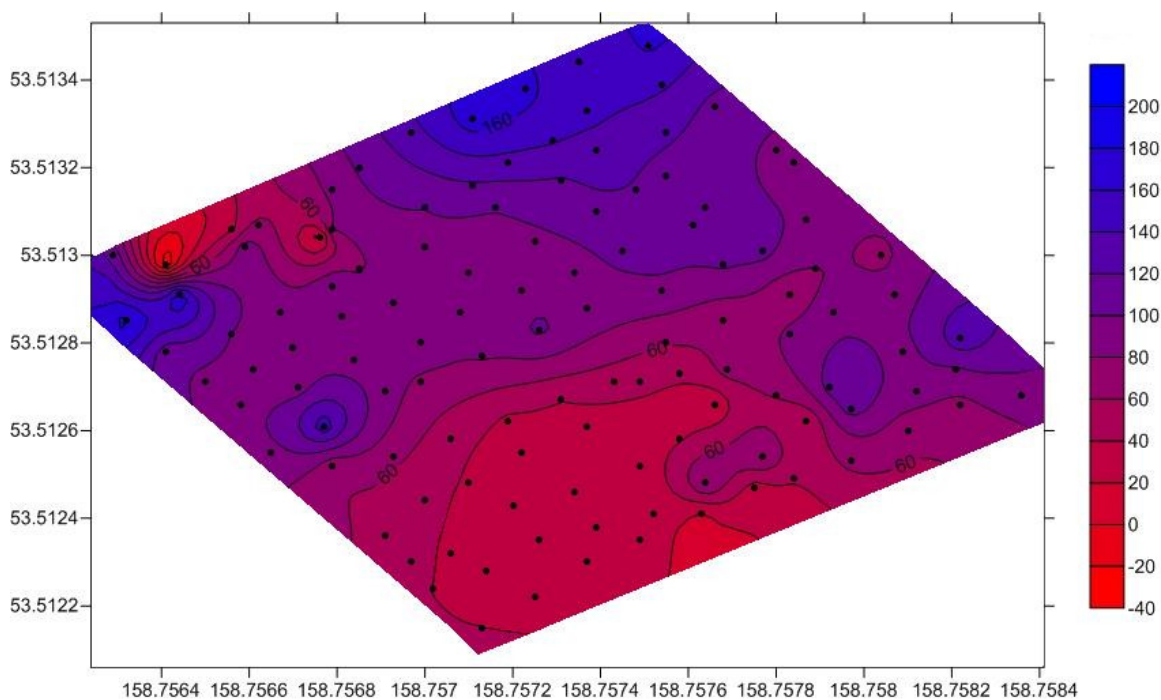


Рис. 8. Аномальное магнитное поле (ΔT)а термальной площадки «Грифон Иванова», нТл.

гая максимальной величины $5,69 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ (рис. 7). Простирание с северо-запада на юго-восток имеют и аномалии магнитного поля (ΔT)а интенсивность которых достигает 140 нТл в западной части термальной площадки. В юго-восточной части площадки отмечены локальные аномалии магнитного поля интенсивностью 80–130 нТл, простирающиеся с северо-востока на юго-запад (рис. 8).

При проведении электроразведочных работ на термальной площадке «Грифон Иванова» измерялись отклики естественных (метод естественного электрического поля) и искусственных (вертикальное электрическое зондирование) электромагнитных полей. В распределении естественного электрического потенциала уверенно выделяется положительная аномалия северо-северо-западного простирания (рис. 9), вероятнее всего, связанная с относительно неглубокой областью разгрузки термальных вод. Выделенные минимумы естественного потенциала отображают места дренажа.

В центральной части площадки по данным вертикального электрического зондирования (рис. 10) установлено, что верхняя часть разреза с $\rho_{уд}$ от 500 до 1000 Ом·м сложена травертином, глубина развития которого изменяется от 8 м на западе до 18 м на востоке. Нижний горизонт (высокоомный фундамент, $\rho_{уд} > 5000$ Ом·м) фиксируется на глубинах от 40 до 60 м и, вероятнее всего, является водоупором. Проводящим горизонтом является термальная вода ($\rho_{уд} < 50$ Ом·м).

На кромке грифона Иванова отмечено высокое значение объёмной активности радона равное 98 кБк/м³.

На термальной площадке «Желтореченская» величина локальных аномалий экспозиционной дозы γ -излучения не превышает 4,5 – 5,5 мкР/ч (рис. 11), а величина магнитной восприимчивости достигает $13,6 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ (рис. 12). Максимальные значения выделенных аномалий приурочены к выходу галечника. К этому выходу приурочена и локальная аномалия магнитного поля (ΔT)а интенсивность в 100 нТл (рис. 13).

На термальной площадке «Первая лужа» величина локальных аномалий экспозиционной дозы γ -излучения не превышает 5 – 6 мкР/ч (рис. 14), а величина магнитной восприимчивости достигает $5,28 \cdot 10^{-3}$ и $7,8 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ (рис. 15). Площадка практически полностью находится в зоне развития отрицательного магнитного поля, и только в её северо-восточной части наблюдается локальная аномалия интенсивностью 45 нТл (рис. 16).

Заключение

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

В результате выполненных в 2012 г. исследований получены новые данные о строении локальных термальных площадок Нальчевской гидротермальной системы.

Впервые была выполнена тепловизионная съёмка на термальных площадках «Грифон Иванова» и «Котёл». При изучении термальных площадок «Желтореченская» и «Первая лужа» впервые получе-

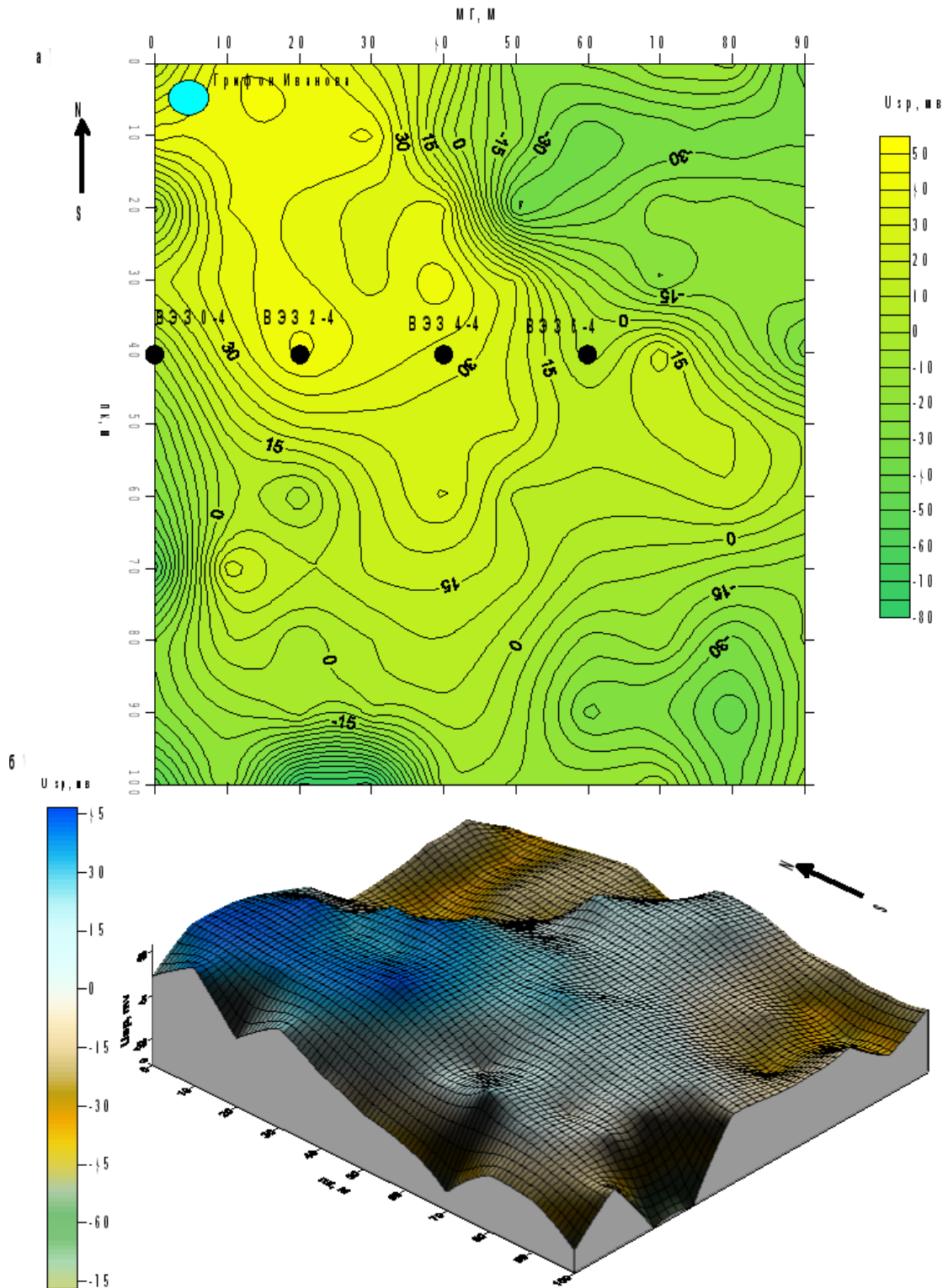


Рис. 9. Распределение естественного электрического потенциала на термальной площадке «Грифон Иванова», мВ (а), и её 3D представление (б).

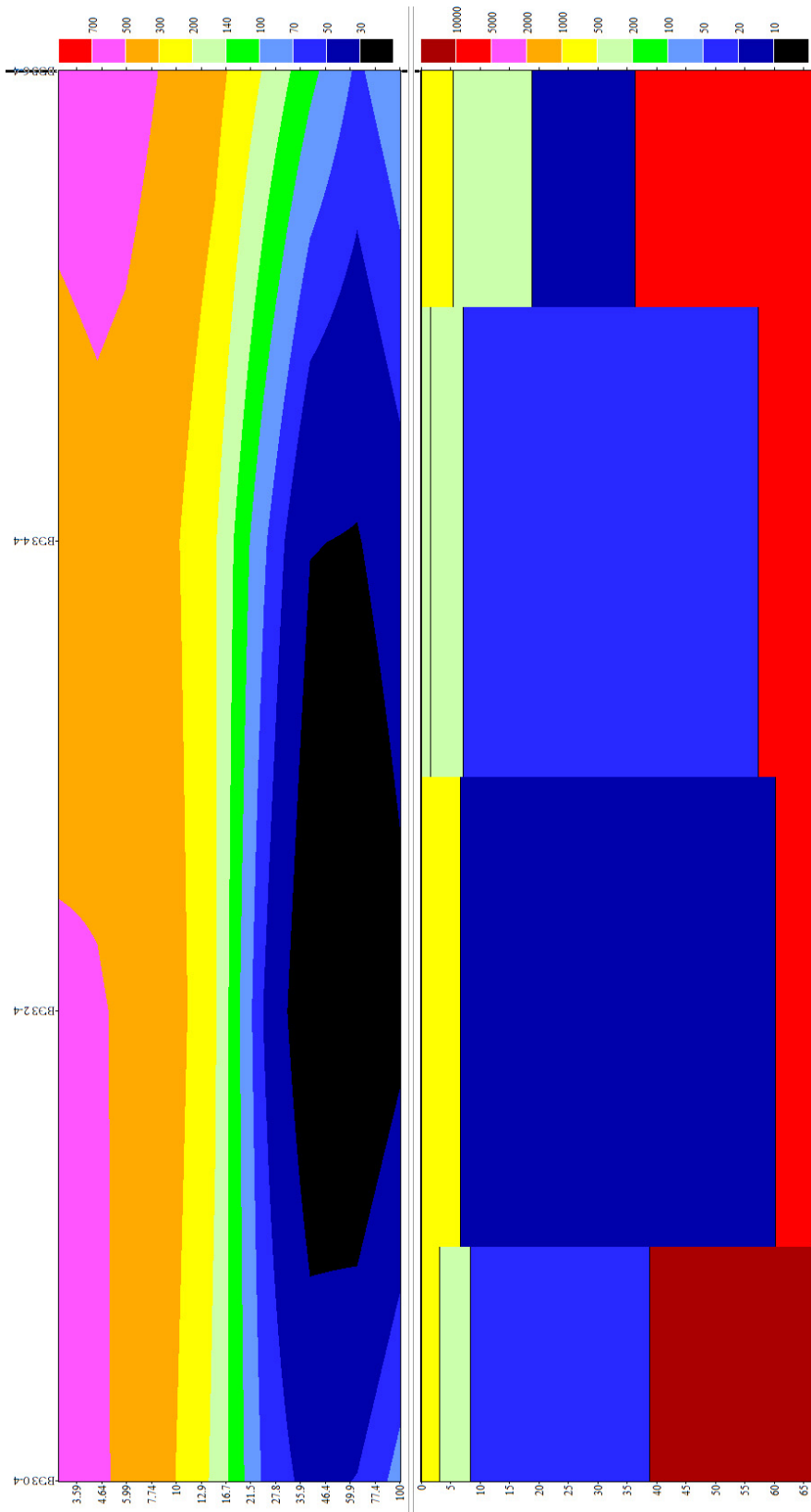


Рис. 10. Разрезы кажущегося ρ_k (верхний) и удельного ρ_{cp} (нижний) сопротивлений, Ом·м, на термальной площадке «Грифон Иванаова».

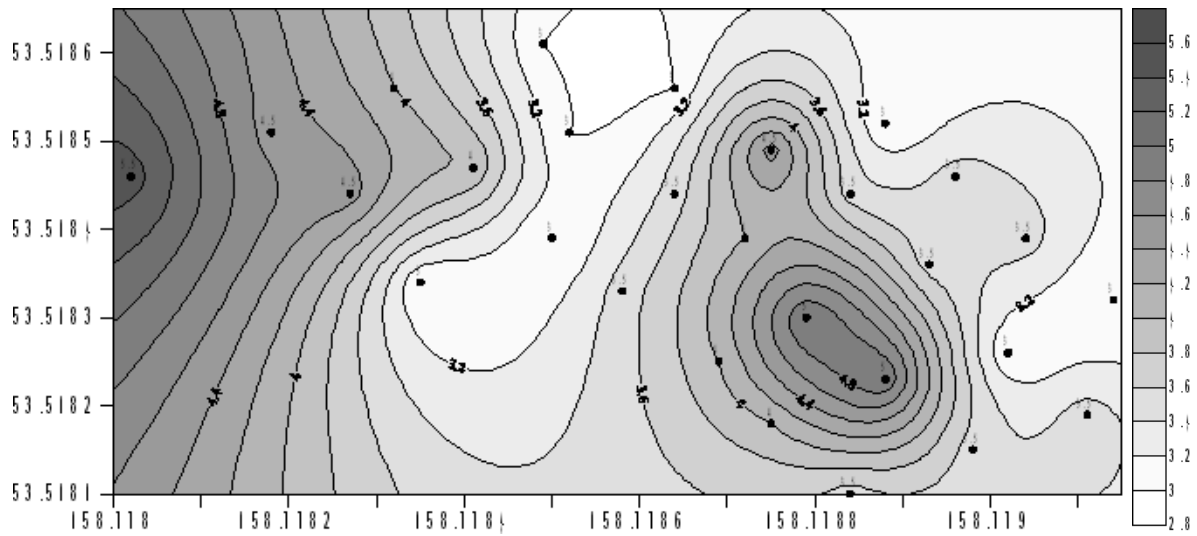


Рис. 11. Карта изменения экспозиционной дозы γ -излучения на термальной площадке «Желтореченская», мкР/ч.

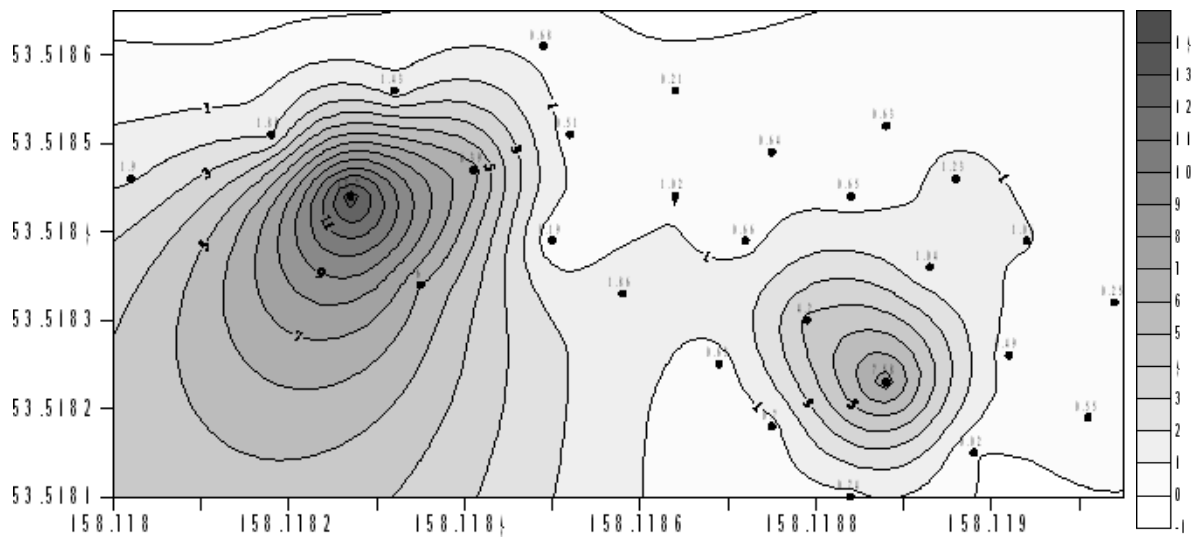


Рис. 12. Карта изменения магнитной восприимчивости на термальной площадке «Желтореченская», $\cdot 10^{-3}$ ед. СИ.

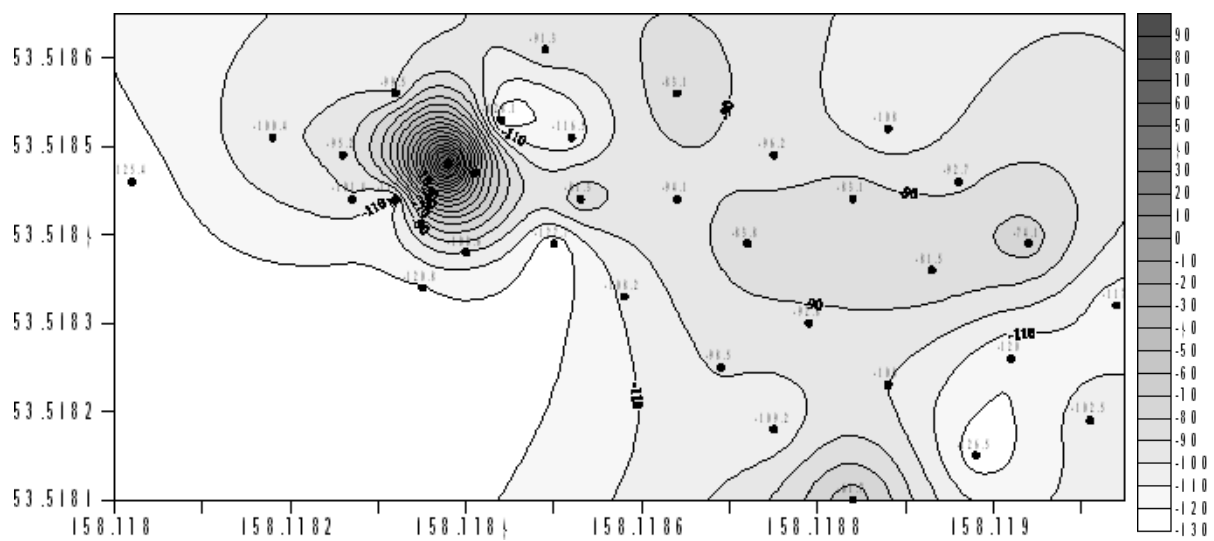


Рис. 13. Аномальное магнитное поле ΔT_a термальной площадки «Желтореченская», нТл.

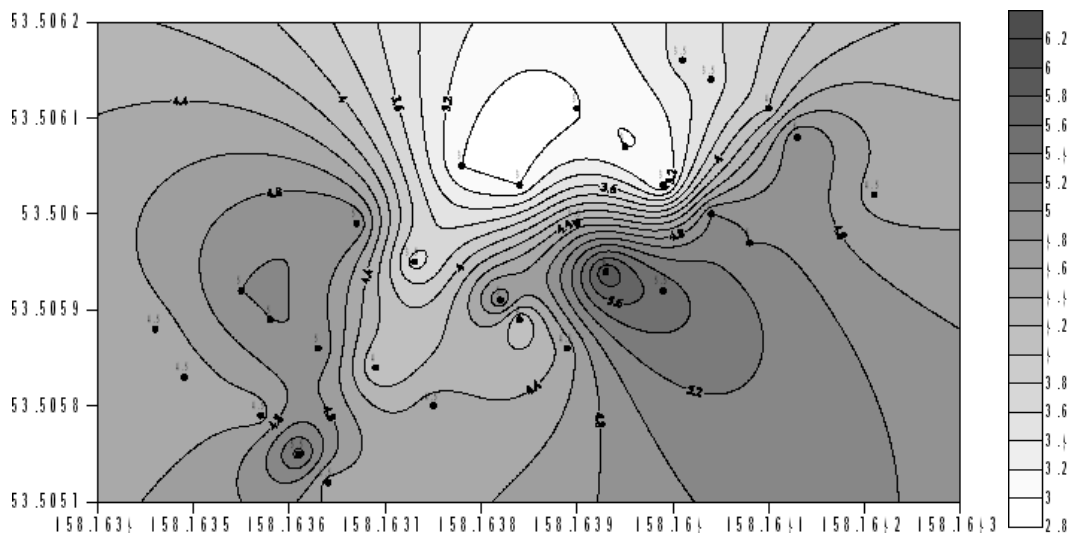


Рис. 14. Карта изменения экспозиционной дозы γ -излучения на термальной площадке «Первая лужа», мкР/ч.

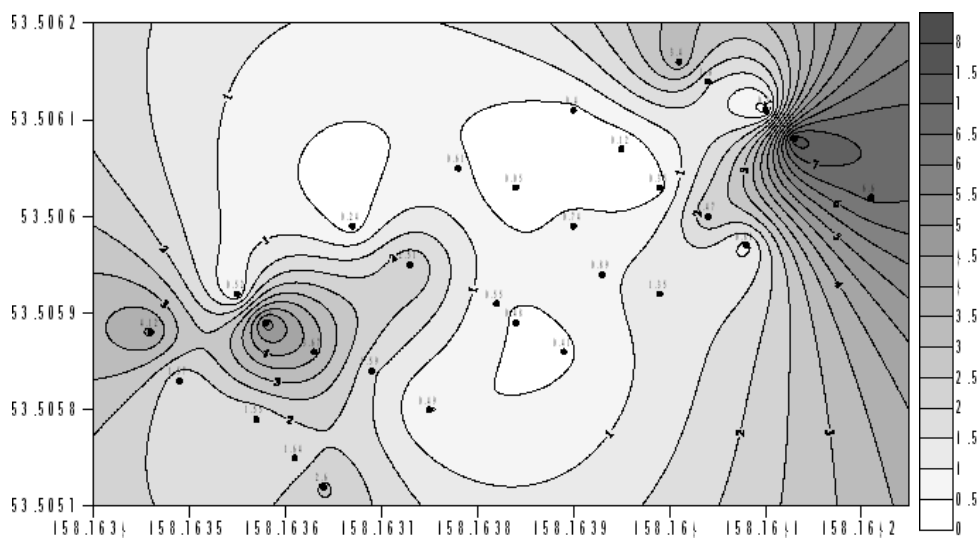


Рис. 15. Карта изменения магнитной восприимчивости на термальной площадке «Первая лужа», $\cdot 10^{-3}$ ед. СИ.

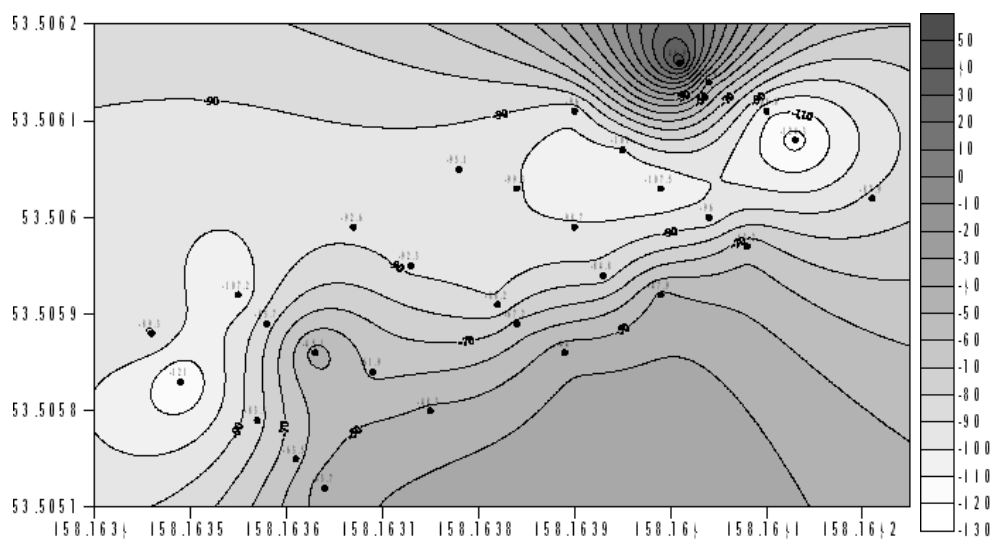


Рис. 16. Аномальное магнитное поле ΔT_a термальной площадки «Первая лужа», нТл.

ны сведения о строении аномального магнитного поля ΔT_a , распределении магнитной восприимчивости и ядерно-геофизических характеристиках этих объектов.

В июле 2013 г. при проведении молодежного научно-исследовательского лагеря «Геофизик-13» на термальных площадках «Котёл» и «Грифон Иванова» планируется дополнить комплекс геофизических исследований георадарным профилированием и малоглубинной сейсмозвездкой.

В качестве объектов дальнейших исследований в пределах Налычевской гидротермальной системы намечены Таловские и Краеведческие источники.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ № 12-05-31 419 мол_а «Комплексные геофизические исследования Налычевской гидротермальной системы», Министерства образования и науки в рамках государственного задания «Снижение экологических рисков в энергетике и оценка ресурсов водорода на территории Камчатского края», регистрационный № 5.3799.2011 и Программы стратегического развития Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга на 2012–2016 гг.

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. К вопросу о построении карт аномального магнитного поля (ΔT) двух термальных площадок Налычевской гидротермальной системы // Материалы X региональной молодежной конференции «Природная среда Камчатки» 12–13 апреля 2011 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 81–96.
3. Мельникова А. В., Рылов Е. С. Комплексные геофизические исследования локальных термальных объектов Юго-Восточной Камчатки // XII Уральская молодежная научная конференция по геофизике. Сборник докладов. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2011. С. 134–136.
4. Новограбленов П. Т. Налычевские и Краеведческие горячие ключи на Камчатке // Известия русского географического общества, 1929. С. 285–297.
5. Пийп Б. И. Термальные ключи Камчатки. М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1937. 268 с.
6. 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.
7. Рашидов В. А., Федорченко И. А., Делемень И. Ф., Дубровская И. А., Андреев В. И., Мельникова А. В. Новые данные о строении термальных площадок Налычевской гидротермальной системы // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы традиционной региональной научной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. С. 68.
8. Рашидов В. А., Фирстов П. П. Молодежные научно-исследовательские лагеря «Геофизик-10» и «Геофизик-12» в природном парке «Налычево» (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012. № 2. Вып. 20. С. 208–213.
9. Рашидов В. А., Фирстов П. П., Делемень И. Ф. Молодежные 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. 170–175.
10. Фирстов П. П., Рашидов В. А., Мельникова А. В. геофизические исследования термальных площадок «котёл» и «Грифон Иванова» (Природный парк «Налычево», Камчатка) // Глубинное строение. Геодинамика. Мониторинг. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. Шестые научные чтения памяти Булашевича Ю. П.. Материалы конференции. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2011. С. 376–379.
11. Фирстов П. П., Рашидов В. А., Мельникова А. В., Андреев В. И., Шульженкова В. Н. Комплексные геофизические исследования в Природном парке «Налычево» (Камчатка) в 2010 г. // Вулканизм и связанные с ним процессы традиционная региональная научная конференция, посвященная Дню Вулканолога. Тезисы докладов. Петропавловск-Камчатский. 30 марта – 1 апреля 2011 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 86.
12. Фирстов П. П., Рашидов В. А., Мельникова А. В., Андреев В. И., Шульженкова В. Н. Геофизические исследования в Природном парке «Налычево» (Камчатка) // Материалы региональной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвященной Дню вулканолога, 30 марта – 1 апреля 2011 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 112–116.
13. Фирстов П. П., Рашидов В. А., Мельникова А. В., Андреев В. И., Шульженкова В. Н. Ядерно-геофизические исследования в Природном парке «Налычево» (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. № 1. Вып. № 17. С. 91–101.
14. Firsov P. P., Rashidov V. A., Melnikova A. V., Shulzhenkova V. N. Geomagnetic and nuclear-geophysical 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-Kamchatsky, Russia. August 25–30, 2011. Abstracts. P. 296–297.
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.