

УДК 550.3

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
НА ТЕРМАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ «ГРИФОН ИВАНОВА»  
(ПРИРОДНЫЙ ПАРК НАЛЫЧЕВО, КАМЧАТКА)

***Рылов Е.С.<sup>1,2</sup>, Берсенева Н.Ю.<sup>3</sup>, Нехаенко Е.С.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,*

<sup>2</sup>*Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга,*

<sup>3</sup>*Камчатский филиал Геофизической службы РАН.*

*Научные руководители: к.г.-м.н. Делемень И.Ф., Федорченко И.А.*

Приводятся результаты комплексных геофизических работ, выполненных в 2010-2013 гг. на термальной площадке «Грифон Иванова», расположенной в Природном парке Налычево на Камчатке.

*Ключевые слова: термальная площадка, Грифон Иванова, Налычево.*

## ВВЕДЕНИЕ

Исследовательские геофизические работы на термальной площадке «Грифон Иванова», расположенной в Природном парке Налычево (рис. 1, 2), были проведены в 2010, 2012 и 2013 гг. в рамках молодёжных научно-исследовательских лагерей «Геофизик-10», «Геофизик-12» и «Геофизик-13», организованных совместными усилиями Камчатского Университета имени Витуса Беринга и Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН [9, 10, 12].

Целью проведенных исследований являлось уточнение строения этой термальной площадки и зон разгрузки термальных вод Налычевской гидротермальной системы.

## ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА РАБОТ

Изученная термальная площадка «Грифон Иванова» находится в Юго-Восточной Камчатке в пределах центральной части природного парка Налычево в долине р. Горячей на расстоянии первых сотен метров от ее русла и является частью Налычевской гидротермальной системы (рис. 1, 2).

Первые упоминания о Налычевских термальных источниках приведены в работах П.Т. Новограбленова [6] и Б.И. Пийпа [7, 8], которые опубликовали сведения о географическом положении, геологическом строении и химическом составе термальных источников. Б.И. Пийп в своих работах отметил высокое содержание мышьяка, брома, сурьмы и т.д. в водах и осадках термальных источников [7, 8].

В 1951 г. Налычевские источники были исследованы экспедицией Центрального института курортологии под руководством В.В. Иванова. Впервые отмечена их высокая бальнеологическая ценность [2].

Ю.П. Масуренков, Л.А. Комкова и Е.М. Филькова провели в 1966-1978 гг. комплексные геолого-геофизические исследования этой системы [3, 4], уделив особое внимание изучению геолого-структурного положения, гидрогеологических особенностей, химизму и физико-химическим условиям накопления современных отложений.

В 1959-1960 гг. Камчатское геологическое управление провело детальные геологоразведочные работы на Налычевском гидротермальном месторождении, сопровождавшиеся проходкой четырех буровых скважин [1, 5], опубликовала результаты изучения керна скважин и сделала некоторые выводы о минералообразовании в недрах гидротермальной системы.

В 1959-1960 гг. для изучения гидрогеологических особенностей системы были пробурены 4 скважины (рис. 1). Две из них находятся в непосредственной близости от термальной площадки «Котел». В результате этого техногенного воздействия режим термальных источников на термальной площадке «Котел» нарушился из-за начавшегося самоизлива из этих двух скважин. Попытки его прекратить не принесли результатов, так как запорных задвижек, как это требуется техническими условиями, установлено не было. Дебит источников стал резко сокращаться и вскоре они исчезли с поверхности травертинового купола. Остались только слабо парящие воронки диаметром 0,5-2 м. Обе скважины беспрепятственно фон-

танировали – одна несколько лет, пока сама по себе не перестала изливаться, а на месте самой глубокой скважины образовалась декомпрессионная воронка. Эта воронка была названа «Грифоном Иванова» в честь известного гидрогеолога В.В. Иванова [11] (рис. 1).

В XXI в. были проведены совместные российско-японские работы, направленные на изучение химического состава современных осадков отложенных в пределах грифона Иванова [13, 14, 15].

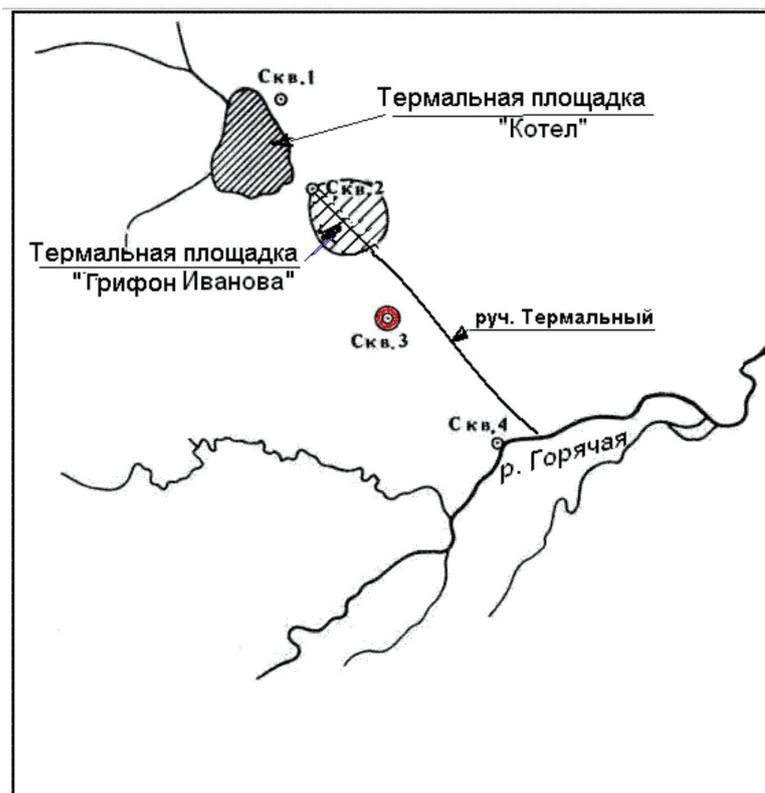


Рис. 1. Схема термальных площадок по [4].

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ

Термальная площадка «Грифон Иванова» имеет размеры  $\sim 90 \times 100$  м (рис. 2, 3). Сам грифон имеет округлую форму диаметром  $\sim 5 \times 6$  м. Температура воды около  $75.6$  °С, дебит  $\sim 5-6$  л/с. После начала самоизлива из скважины № 2 химически агрессивная термальная жидкость стала растекаться и начала угрожать растительности и, в особенности, заповедному березовому лесу. Было принято решение отвести этот природный химический раствор по дренажной траншее к реке Горячей (рис. 1, 2, 3).

В настоящее время именно в районе термальной площадки «Грифон Иванова» происходит современное осадкообразование [13].

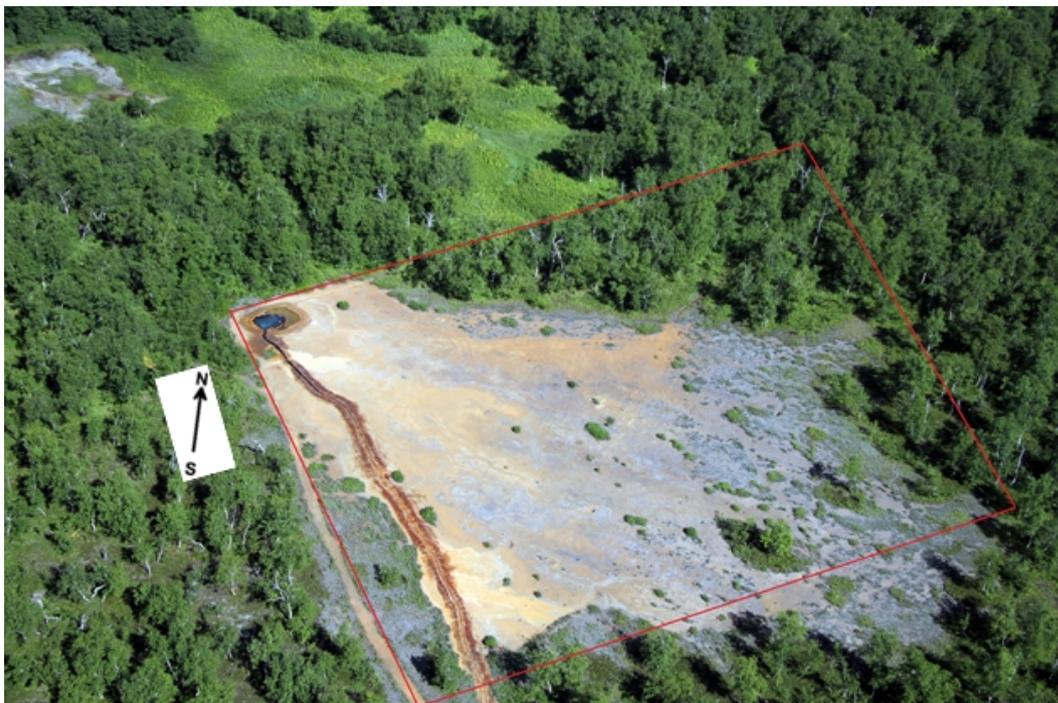


Рис. 2. Термальная площадка «Грифон Иванова».



Рис. 3. Грифон Иванова.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

Комплекс геофизических исследований на термальной площадке «Грифон Иванова» включал в себя:

- измерение экспозиционной дозы  $\gamma$  – излучения;
- измерение модуля полного вектора магнитной индукции;
- измерение магнитной восприимчивости пород в естественном залегании;
- электроразведку методами вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и естественного электрического поля (ЕЭП);
- сейсморазведку методом преломленных волн.

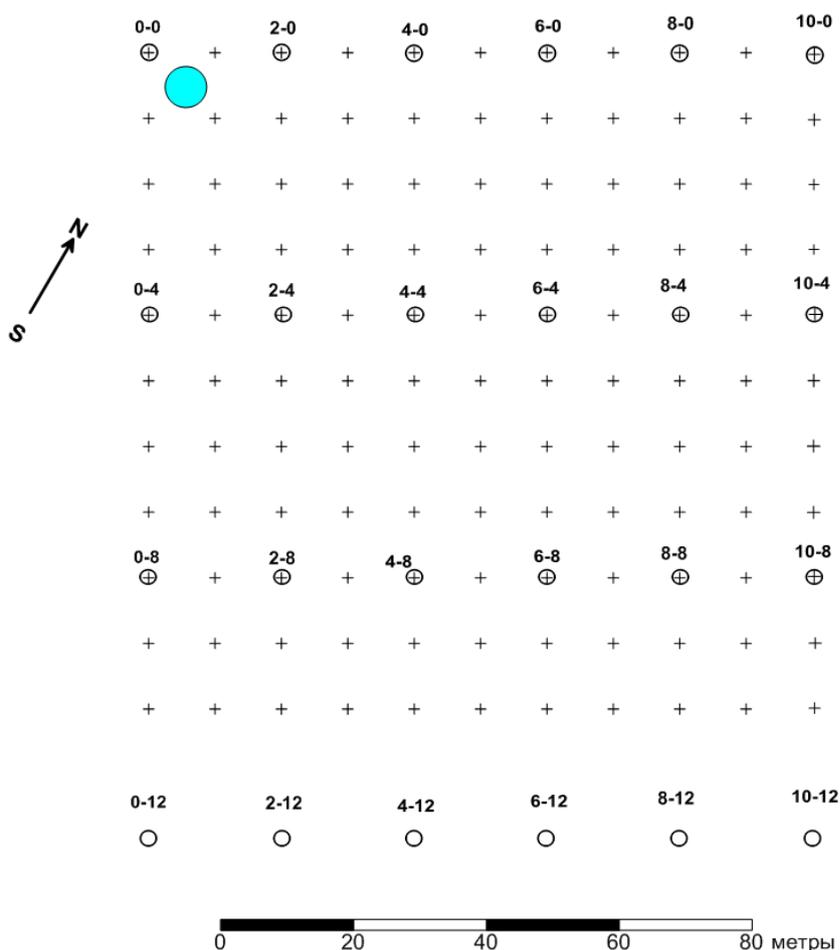


Рис. 4. Полигон исследований термальной площадки «Грифон Иванова».

Измерения экспозиционной дозы  $\gamma$  – излучения, измерения модуля полного вектора магнитной индукции и измерения магнитной восприимчивости пород в естественном залегании были выполнены на полигоне

размером 100×100 м с привязкой профилей в узлах регулярной сети. Измерения естественного электрического поля были выполнены на полигоне размером 90×100 м. Расстояние между профилями составляло 10 м, шаг между точками наблюдения – 10 м (рис. 4). Измерения методом ВЭЗ и сейсморазведка были выполнены по ряду профилей.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ $\gamma$ – ИЗЛУЧЕНИЯ

Измерения экспозиционной дозы  $\gamma$  – излучения выполнены с помощью сцинтилляционного радиометра СРП-68-01.

Локальные аномалии  $\gamma$ -съемки на термальной площадке «Грифон Иванова» изменяются от 1.5 до 10 мкР/ч. Они имеют четко выраженное северо-западное простираие в направлении ручья Термального. По-видимому, на этом расстоянии происходит преимущественно осаждение радиевых минералов в формирующемся травертиновом покрове. Выделяются две локальные аномалии величиной 8-10 мкР/ч.

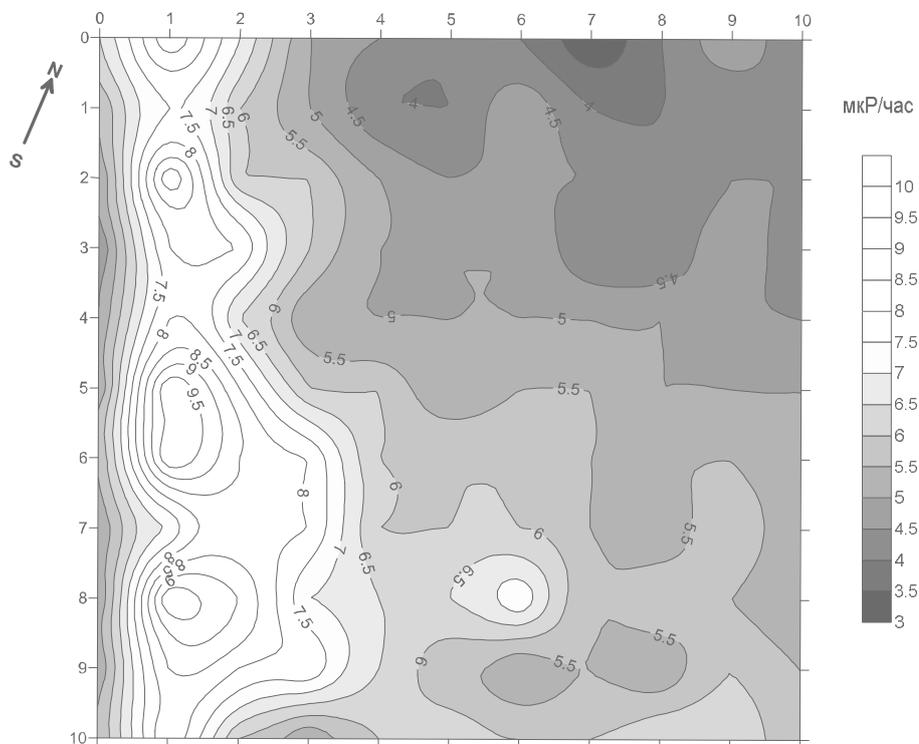


Рис. 5. Результаты измерения экспозиционной дозы  $\gamma$  – излучения с помощью сцинтилляционного радиометра СРП-68-01 [10, 12].

Одна из них сформировалась вокруг грифона, а другая расположена на расстоянии около 90 м от него (рис. 5). Здесь, вероятно, в результате охлаждения создаются условия для выпадения радийсодержащих минералов с образованием  $\text{RaSO}_4$ , а также изоморфного замещения радия в барите, что характерно для сульфидных залежей в океане [10, 12].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ МОДУЛЯ ВЕКТОРА МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

Измерения выполнены с помощью протонного магнитометра G-856 АХ. Существенных аномалий магнитного поля ( $\Delta T$ ), связанных с естественными источниками, в пределах термальной площадки «Грифон Иванова» не выявлено. Аномалия, наблюдаемая рядом с грифоном Иванова, связана с обсадной трубой и с ожелезнёнными гидротермально-изменёнными породами, развитыми в районе скважины (рис. 6) [9].

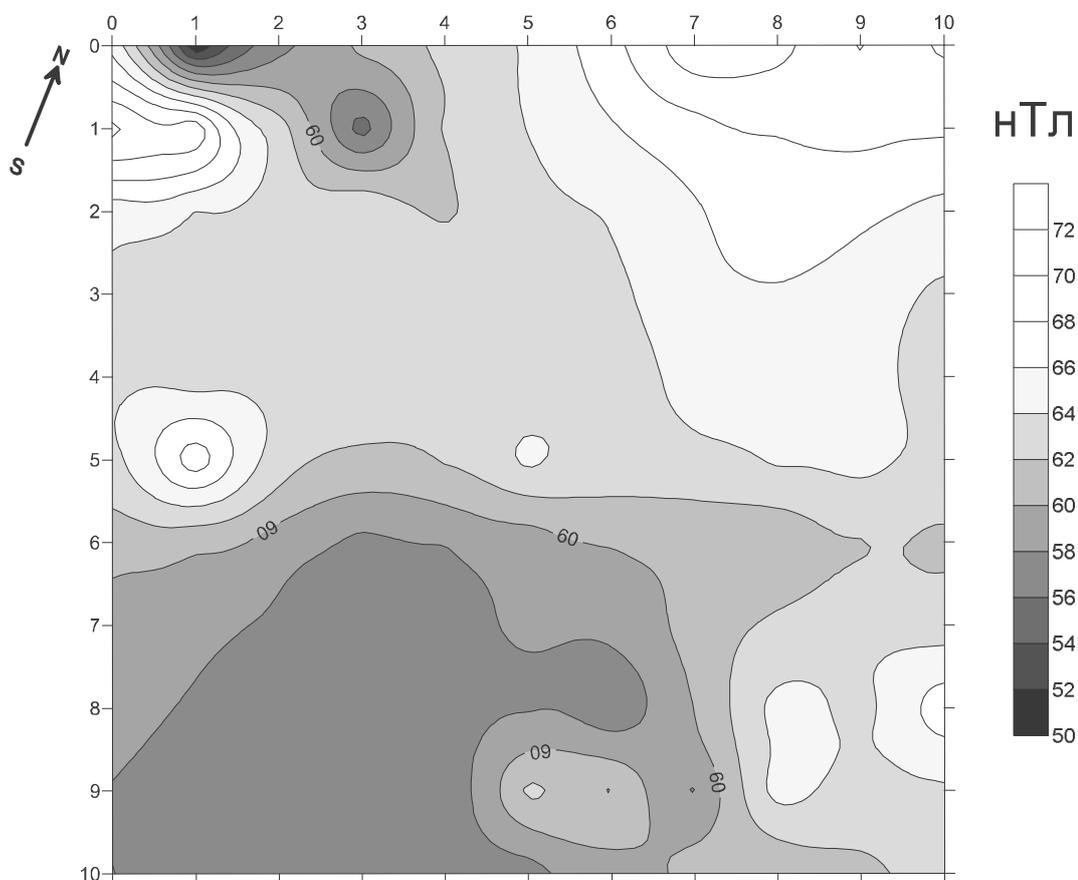


Рис. 6. Результаты измерения модуля вектора магнитной индукции с помощью протонного магнитометра G-856 АХ [9].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ

Измерения выполнены с помощью каппаметра. Локальные аномалии магнитной восприимчивости имеют северо-западное простирание, достигая максимальной величины  $5.69 \cdot 10^{-3}$  ед. СИ (рис. 7) [9].

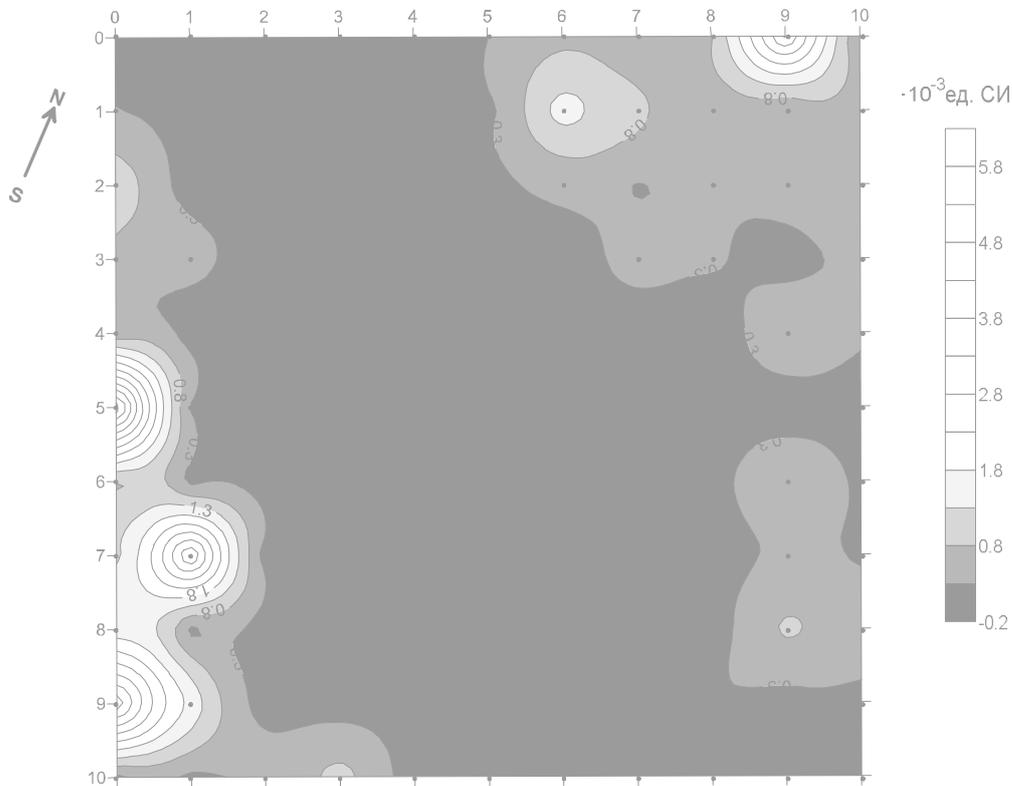


Рис. 7. Результаты измерений магнитной восприимчивости [9].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

На термальной площадке «Грифон Иванова» измерялись отклики естественных (метод естественного электрического поля ЕП) и искусственных (вертикальное электрическое зондирование ВЭЗ) электромагнитных полей. Метод ЕП позволяет, при относительно небольших физических затратах, получить площадное распределение значений электрического потенциала ( $U_{sp}$ ). При этом оценивается не только тектоническая (выявление ослабленных зон, или зон трещиноватости), но и гидрогеохимическая ситуация (выявление акцентированных областей циркуляции подземных водотоков). Метод ВЭЗ дает возможность на пересечениях аномалий электрического потенциала ( $U_{sp}$ ) получить количественные, т.е., в общем случае, геометрические параметры аномалообразующих объектов.

При измерении естественного электрического поля в качестве регистратора применялся мультиметр М890G, электроды неполяризующиеся ВИРГ. По результатам измерений построена карта площадного распределения естественного потенциала  $U_{sp}$ , мВ (рис. 8). Разделение аномальных полей выполнено по стандартной методике:  $U_{sp_0} = \sum U_{sp_n}/n$ .

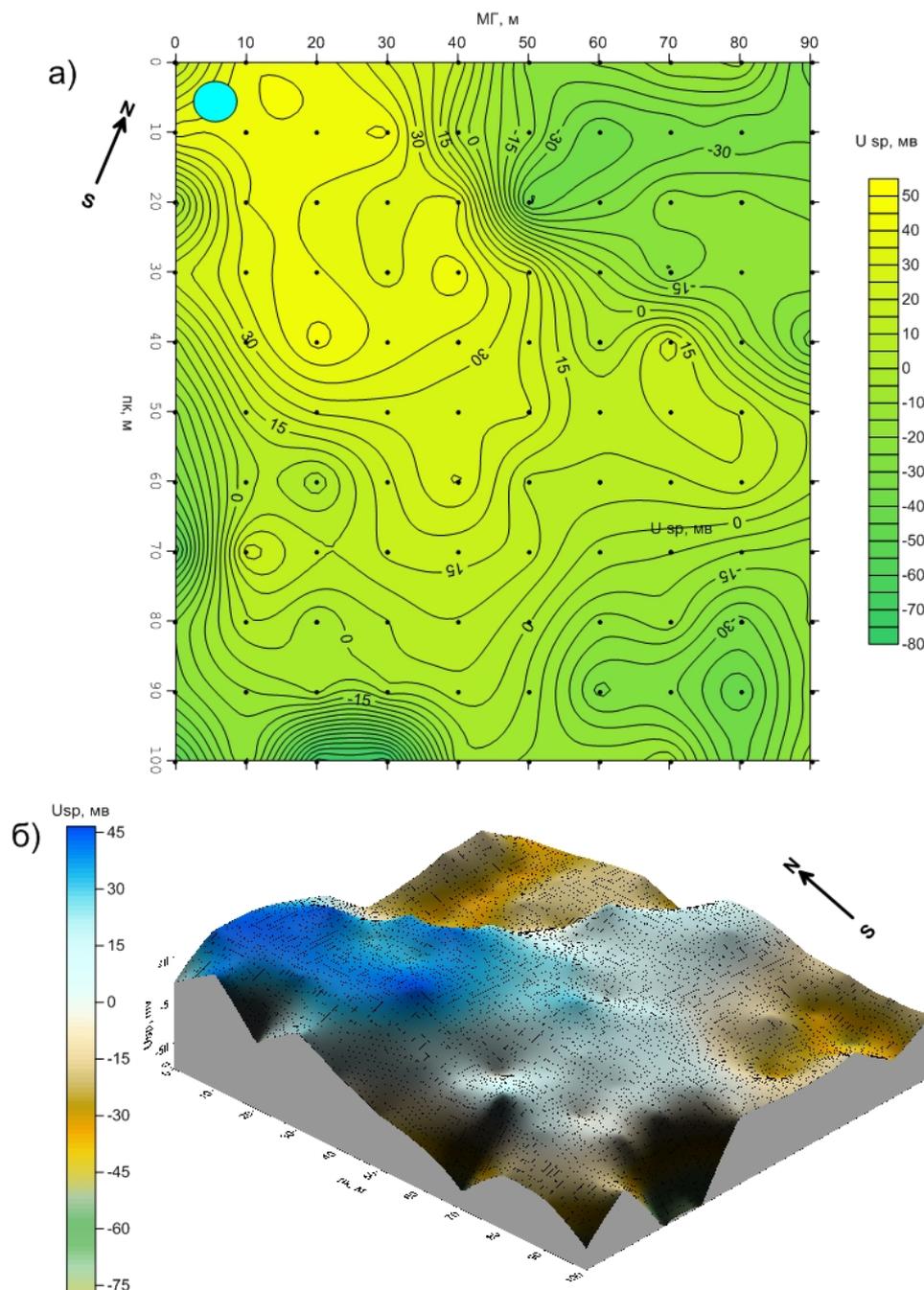


Рис. 8. Распределение естественного электрического потенциала: а) карта распределения  $U_{sp}$ , мВ; б) карта распределения  $U_{sp}$  в 3D представлении [9].

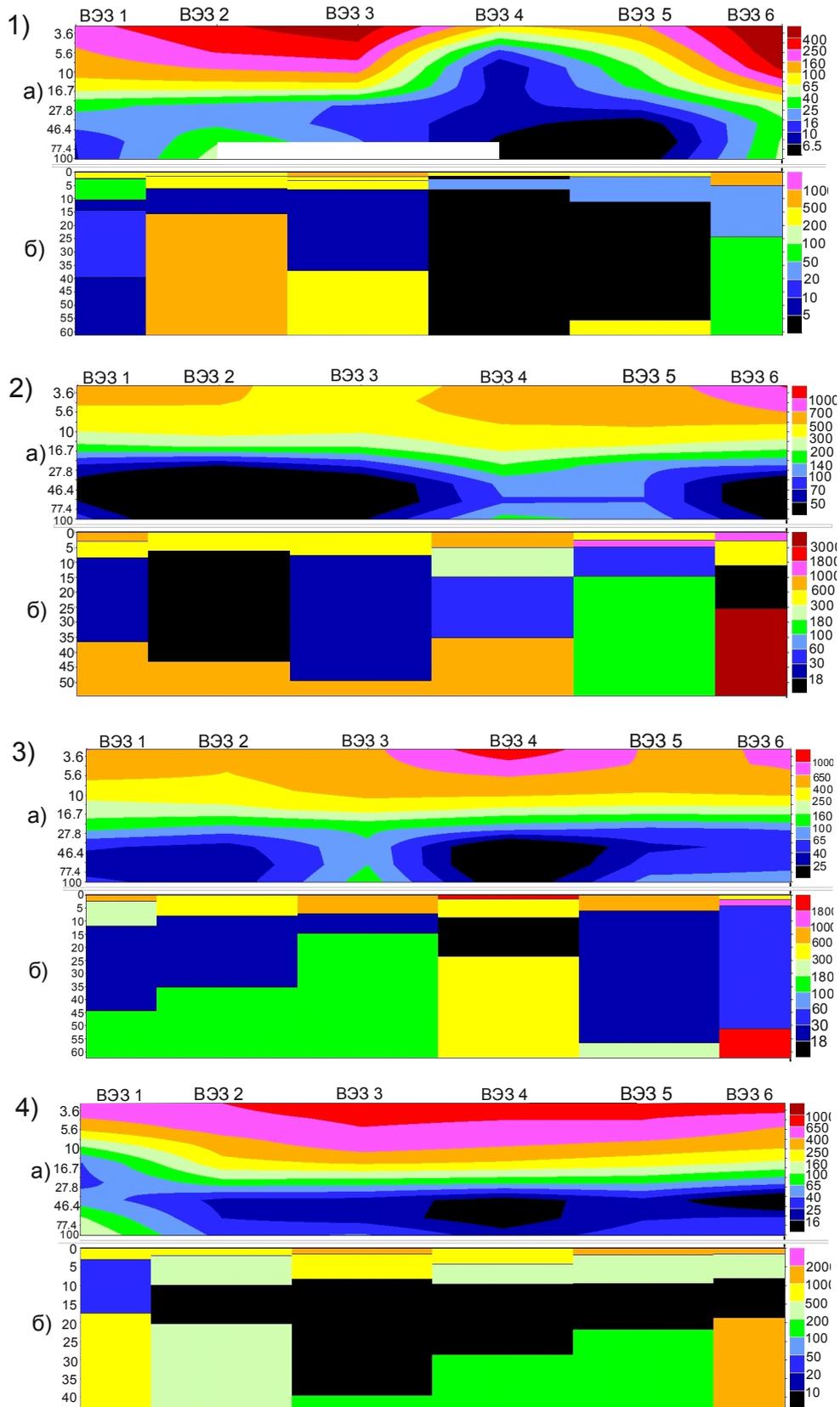


Рис. 9. Разрезы кажущегося  $\rho_k$  (а) и удельного  $\rho_{уд}$  (б) сопротивлений: 1) 1-й профиль; 2) 2 профиль; 3) 3-й профиль; 4) 4-й профиль.

В распределении  $U_{sp}$  (электрического потенциала) уверенно выделяется положительная аномалия ССЗ простирания. Аномалия, вероятнее всего, связана с относительно неглубокой областью разгрузки термальных вод. Минимумы естественного потенциала отображают места дренажа (рис. 8)

Работы методом ВЭЗ выполнялись электроразведочной аппаратурой низкой частоты ЭРП-1. В общей сложности выполнено наблюдения на 24 пунктах ВЭЗ по 4-м профилям (рис. 7). Полуразнос АВ/2 составил 100 м. По результатам измерений построены разрезы кажущегося ( $\rho_k$ ) и удельного ( $\rho_{уд}$ ) сопротивлений (рис. 9).

По профилям по данным ВЭЗ определены основные геоэлектрические параметры разреза (тип разреза ААН). Верхняя часть разреза с удельным сопротивлением от 500 до 1000 Ом·м сложена травертинами с глубиной залегания от 8 метров на западе, до 18 на востоке. Нижний горизонт (высокоомный фундамент,  $\rho_{уд} > 5000$  Ом·м) фиксируется на глубинах ниже 40 м и, вероятнее всего, является водоупором (травертиновый туф). Проводящим горизонтом является термальная вода ( $\rho_{уд} < 50$  Ом·м) (рис. 9).

### СЕЙСМОРАЗВЕДКА

Для записи сейсмических колебаний использовалась 24-канальная инженерно-геологическая сейсмическая станция «Лакколит Х-3М», которая позволяет вести регистрацию сейсмических волн на жесткий диск компьютера, что обеспечивает синхронное накопление регистрируемых колебаний сейсмических волн в одном и том же пункте наблюдения для четкого выделения полезного сигнала на фоне помех. В качестве излучателя упругих колебаний применялась кувалда.

На термальной площадке «Грифон Иванова» была разбита сеть из 4 сейсмических профилей (рис. 10). Два профиля располагались с СЗ на ЮВ. Длина этих профилей составляет по 92 м. Шаг между сейсмоприемниками составлял 2 м. Количество пунктов возбуждения (ПВ) на первом и втором

профиле равнялось 9, и по 4 выносных ПВ на расстоянии 10 и 20 м от крайних пунктов приема (ПП). Следующие два профиля располагались в направлении с ЮЗ на СВ. Длина каждого из этих профилей составила по 46 м. Количество ПВ на профиле равно 5, выносных ПВ – 3.



Рис. 10. Схема расположения сейсморазведочных профилей на термальной площадке Грифон Иванова.

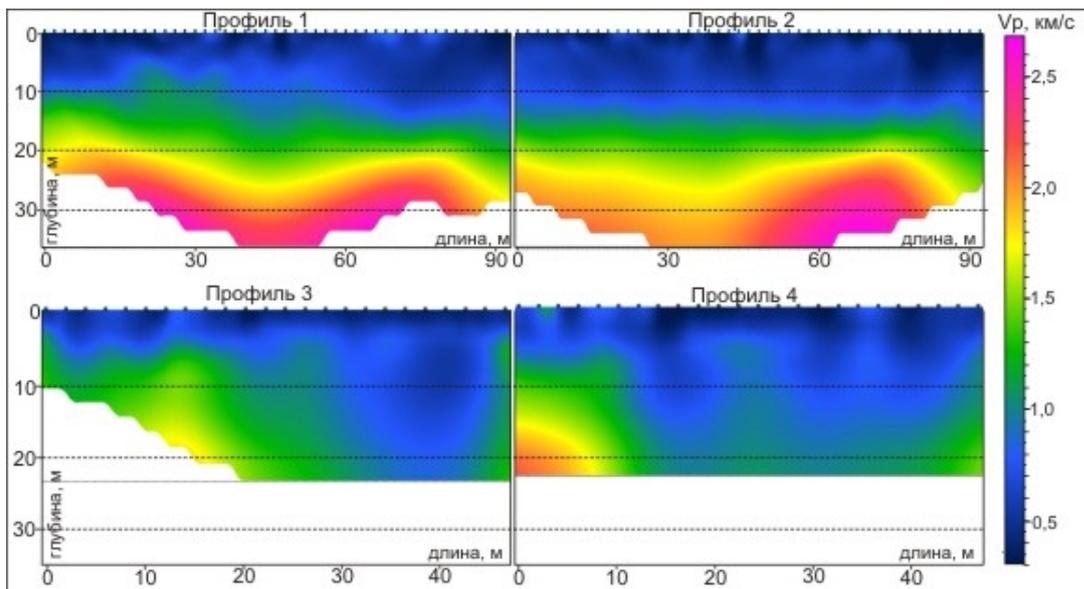


Рис. 11. Сейсмический разрез: а) по профилю 1; б) по профилю 2; в) по профилю 3; г) по профилю 4.

Анализ сейсмических разрезов с учетом имеющихся данных по скважине № 2 [4] (рис. 1) позволяет сделать вывод о субгоризонтальном

слоистом залегании приповерхностной толщи отложений (рис. 11). Хорошо прослеживается верхний низкоскоростной слой ( $V_p \approx 500$  м/с), который, вероятно, соответствует травертинам. Травертины подстилают ледниковые и водно-ледниковые отложения, которые выделяются скачком сейсмической скорости.

## ВЫВОДЫ

В результате выполненных комплексных исследований уточнено строение этой термальной площадки и зон разгрузки термальных вод Налычевской гидротермальной системы.

Установлено, что мощность травертинового покрова на термальной площадке «Грифон Иванова» составляет около 10 метров.

В районе термальной площадки «Грифон Иванова» выделены локальные аномалии юго-восточного простираия, которые контролируются разрывным нарушением, приуроченным к руслу ручья, изливающегося из грифона. В районе термальной площадки «Грифон Иванова» происходит современное осадкообразование.

Работы выполнены в рамках научно-исследовательских лагерей-экспедиций «Геофизик-10», «Геофизик-12» и «Геофизик-13» при поддержке Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга и гранта РФФИ №12-05-31419.

Авторы благодарят В.А. Рашидова, И.Ф. Делеменя, И.А. Федорченко, Д.С. Кравченко за консультации и помощь в проведении работ.

## Литература

1. Вакин Е.А., Кирсанова Т.П., Кононов В.Н., Поляк Б.Г. Гидрогеология районов действующих вулканов Камчатки и вопросы геотермии. Петропавловск-Камчатский, 1961. Т. 2. 200 с. Фонды ИВиС ДВО РАН.
2. Вакин Е.А. Геологическое строение, вулканизм и гидротермы Налычевского природного парка // Информационная записка. Петропавловск-Камчатский. Дирекция Налычевского природного парка. 1998. 66 с.
3. Комкова Л.А., Масуренков Ю.П., Филькова Е.М. Осаждение железа и мышьяка термальными водами // Вулканизм и глубины земли. Материалы III Всесоюзного вулканологического совещания 28-31 мая 1969. М.: Изд-во Наука, 1971. С. 288-293.

4. Масуренков Ю.П., Комкова Л.А. Геодинамика и рудопроявление в купольно-кольцевой структуре вулканического пояса. М.: Наука, 1978. 273 с.
5. Набоко С.И. Гидротермальный метаморфизм пород в вулканических областях. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 172 с.
6. Новограбленов П.Т. Налычевские и Краеведческие горячие ключи на Камчатке // Издательство русского географического общества, 1929. С. 285-297.
7. Пийп Б.И. Материалы по геологии и петрографии района рек Авачи, Рассошины, Гаванки и Налычевы на Камчатке. Труды Камчатской комплексной экспедиции 1936-1937 гг. Выпуск 2. Издательство Академии наук СССР, 1941. 119 с.
8. Пийп Б.И. Термальные ключи Камчатки. Издательство Академии наук СССР, 1937. 268 с.
9. Рашидов В.А., Федорченко И.А., Делемень И.Ф., Дубровская И.А., Мельникова А.В., Андреев В.И. Изучение термальных площадок Налычевской гидротермальной системы летом 2012 г. // Материалы региональной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвященной Дню вулканолога, 29-30 марта 2012 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. С. 187-198.
10. Рашидов В. А., Фирстов П. П. Молодёжные научно-исследовательские лагеря «Геофизик-10» и «Геофизик-12» в природном парке «Налычево» (Камчатка) // Вестник К РА УН Ц. Науки о Земле. №2. Вып. 20. С. 208-213.
11. Семенов В.И. По вулканам и горячим источникам Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Дальневост. кн. изд-во, Камч. отд-ние, 1983. 79 с.
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. Шишканова К.О. Новые данные о составе осадков из грифона Иванова (Налычевская гидротермальная система, Восточная Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2. Вып. 8. С. 201-205.
14. Nishikawa O., Okrugin V., Belkova N., Saji I. Crystal symmetry and chemical composition of youkonit: TEM study of specimens collected from Nalychevskie hot springs, Kamchatka, Russia and from Venus Mine, Yokon Territory, Canada // Mineralogical Magazine. 2006. V. 70 (1). P. 73-81.
15. Saji I., Nishikawa O., Belkova N. et al. Chemical and microbiological investigations of hot spring deposits found at the hydrothermal systems of Kamchatka Peninsula, Russia // The Sciens Reports of Kanazava University. 2004. V. 48. 1.2. P. 73-106.

INTEGRATED GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS OF THERMAL AREA  
"IVANOV'S GRIFFON" (NATURAL PARK NALYCHEVO KAMCHATKA)

*Rylov E.S., Berseneva N.U., Nekhaenko E.S.*

The results of the two years long geophysical works at the "Ivanov's Griphon" thermal spot located in the Nalychevo National Park are presented.

*Keywords: thermal spot, Ivanov's Griphon, Nalychevo.*