



УДК 551.2

В. И. Андреев¹, И. Ф. Делемень¹, Е. С. Рылов¹

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

² *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга,
Петропавловск-Камчатский, 683 032; e-mail: via@kscnet.ru*

Основные результаты комплексных радиогеологических исследований при изучении Налычевских горячих ключей (Природный парк Налычево)

В период с 2010 по 2013 годы при проведении полевых научно-исследовательских лагерей-экспедиций КамГУ им. Витуса Беринга на территории Налычевского природного парка проведены режимные наблюдения и периодические замеры расходов и температур водотоков. Исследована γ - и α -радиоактивность отложений термальных источников. На основании полученных данных сделан вывод о том, что на рассматриваемом этапе развития отмечается существенное изменение параметров зон разгрузки Налычевской гидротермальной системы.

Введение

Рассматриваемый район расположен в обширной депрессии в верховьях реки Горячей между хребтами Жупановским на северо-востоке, Пиначевским на западе и горой Купол на северо-западе. Депрессия представляет собой сравнительно плоскую долину абсолютной высотой порядка 530 м, размером приблизительно 5×6 км, слабо наклонённую к юго-юго-западу.

Налычевские термальные источники вызывают большой интерес у специалистов и просто жителей и гостей Камчатки, однако до сих пор представления о строении, происхождении и дальнейшем развитии исследуемого района не однозначны. В данной работе представлены результаты радиогеологических исследований, позволяющие уточнить существующие представления о строении и возможных трендах развития Налычевской гидротермальной системы.

Краткие сведения о строении и развитии Налычевской гидротермальной системы

В структурном отношении Налычевская гидротермальная система является частью Налычевского горста, а по другим представлениям, разгрузка термальных вод происходит в пределах депрессии, обрамлённой Корякско-Авачинской и Дзэндзур-Жупановской группами вулканов. Ю. П. Масуренков выделил на этой территории Налычевской купольно-кольцевую структуру, формирование которой началось в мел-палеогеновое время [3]. Структура долгоживущая, её развитие продолжается в голоцене и в настоящее время.

Существенным в тектоническом режиме этой купольной структуры было образование в её сво-

довой части кальдеры обрушения, а также заложение протяжённого Термального рифта. Этот рифт шириной 2,5–8 км, глубиной 200–700 м. образовался в начале среднего плейстоцена. Рифт сформирован системой субпараллельных разломов со ступенчатым погружением к его оси узких блоков — клиньев. К рифту приурочены вулканы Дзэнзур, Ааг, Арик, а на юго-западном его продолжении находится линейная четвертичная депрессия Паратунки с многочисленными экструзиями кислых вулканитов. В северо-восточном направлении Термальный рифт трассируется системой молодых разломов в районе вулкана Жупановские Востряки [3]. В пределах этой рифтовой системы расположены термальные и минеральные источники долины р. Налычева и северного подножья вулкана Корякский, в том числе Налычевские источники.

Вероятно, вдоль рифта в верхние горизонты земной коры периодически поступает магма, формирующиеся при этом магматические интрузии и дайки служат источником теплового питания для термальных вод.

Краткая характеристика зоны разгрузки Налычевских месторождения термальных вод

Гидротермальный резервуар системы вскрыт четырьмя скважинами. На поверхности разгрузка термальных вод происходит в пределах термальных площадок «Котёл», «Гриффон Иванова», а также трёх групп нисходящих термальных источников в долине реки Горячая.

Термальная площадка «Котёл» 200×300 м — травертиновый купол, вершина которого над окружающей территорией ~ 5 м, общее превышение в контурах всей площадки не менее 15 м. Размеры травертиновой залежи значительно превышают её видимую

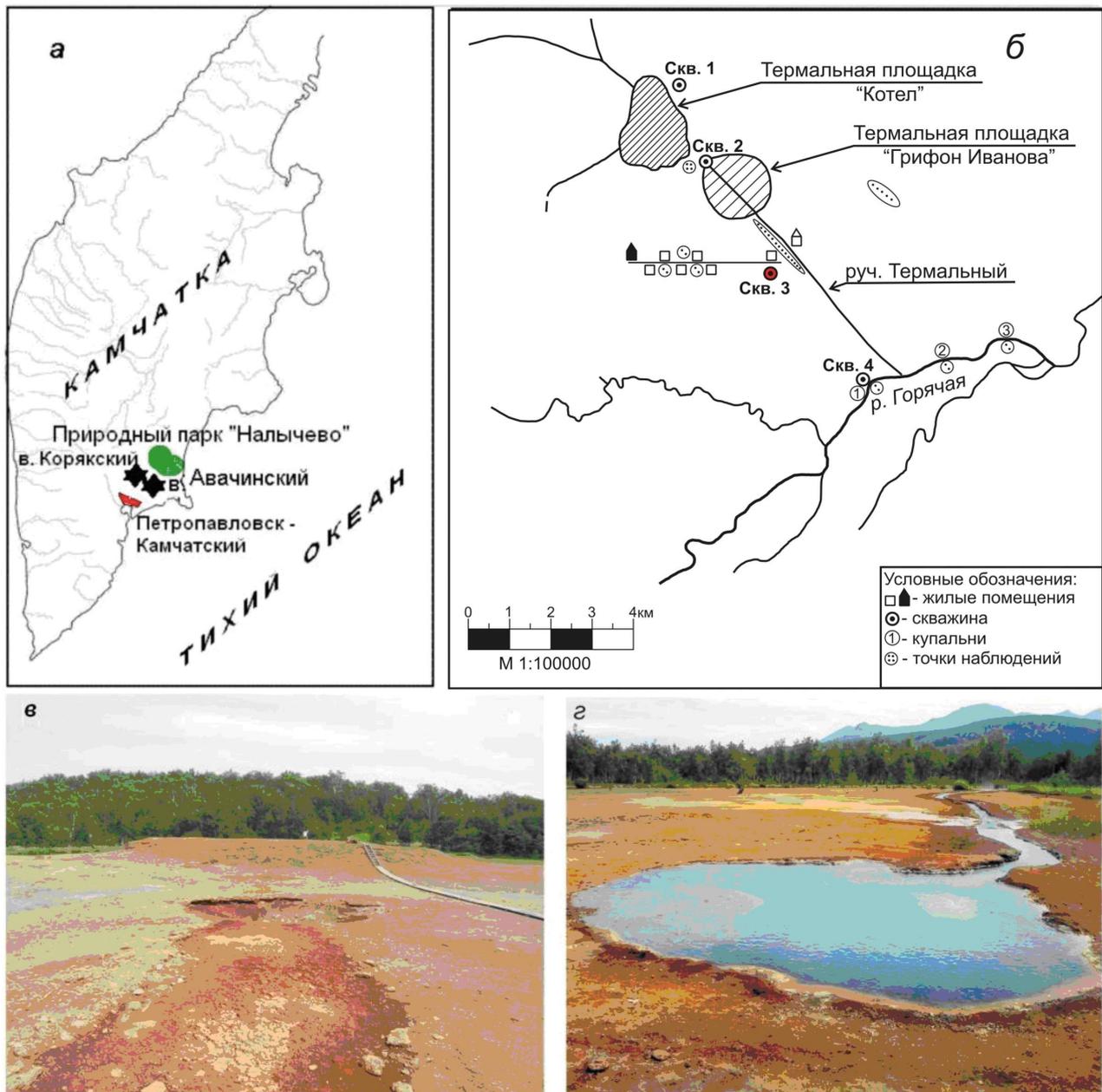


Рис. 1. Карта фактического материала: а — расположение объекта работ на карте; б — схема участка работ; в — термальная площадка «Котёл»; з — термальная площадка «Грифон Иванова».

обнажённую часть (более чем в 6 раз). Гидротермальные изменения пород (карбонатизация, ниже — аргиллизация и пропилитизация), прослеживаются на глубину более 200 м. Конечный результат метаморфизма фильтрующихся вод — прежде всего потеря всего карбоната кальция. Основной компонент осадков из этих вод — травертин. Наблюдается прогрессирующий вынос калия и HCO_3 .

Для Налычевской гидротермальной системы характерны быстрые (в историческом масштабе) изменения структуры разгрузки термальных вод. В течение нескольких десятилетий отмерли термальные источники на вершине травертинового купола «Котёл» и образовался грифон Иванова. Эти со-

бытия связываются с техногенным воздействием на систему. Однако очевидно, что при этом значительную роль сыграла структура проницаемых зон в резервуаре. Наличие других неактивных травертиновых куполов, отмирание которых произошло до освоения источников (например, травертины Медвежьей тундры), а также циклическое строения разреза таких куполов (чередование травертинов с отложениями иного генезиса), свидетельствует о значительной роли неотектонических процессов в развитии системы теплопереноса. Вероятно, значительную роль в развитии системы играла динамика неотектонических движений в Налычевской купольно-кольцевой структуре (с мел-палеоге-

на вплоть до голоцена) с периодическими полными обращениями режима. При этом максимумы вулканической активности совпадали с замедлением темпов тектонического поднятия, а минимумы — с ускорением. Это даёт основание утверждать, что отмеченные выше разногласия о развитии территории — кажущиеся, поскольку каждый из исследователей акцентировал внимание на отдельных аспектах строения территории.

Измерения температуры источников в 2010–2013 гг.

Работы по измерению температуры термальных вод источниках проводились в наиболее тёплое время года с 20 по 30 июля 2010, 2012 и 2013 гг. Для учёта влияния погодных условий в контрольной точке ежедневно измерялась температура воздуха в трёх контрольных точках — у Грифона Иванова, на травертиновом куполе «Котёл» и у жилого домика экспедиции (база). По итогам анализа хода температур в таких точках можно сделать вывод, что в отмеченные периоды времени температура приземного слоя воздуха в солнечные дни составляла в среднем $\sim 20^\circ$. Незначительное повышение температуры (T) на $2\text{--}4^\circ\text{C}$ наблюдалось на термальной площадке Котёл, особенно на участках, покрытых тёмным песком.

Во время наблюдений почти не ощущались циклоны, кроме 23 и 27 июля 2012 г., когда парк «Налычево» на сутки попадал под влияние циклонов и температура воздуха уменьшалась на 5°C . В процессе замеров расход ручья Термального возрос вдвое и вернулся к прежнему состоянию за август 2012. В сравнении с данными 60-х годов прошлого века общие тенденции в режиме гидротерм и составе термальных вод кардинально не изменились.

Измерения температуры источников выполнялись в дни, когда температура воздуха составляла $20 \pm 2^\circ\text{C}$, поэтому влияние погодных условий на температуру термальных вод не сказывалось. По итогам наблюдений, в истоке дренажного канала из грифона Иванова температура с 2010 по 2013 г. не изменялась, и составила 68°C , тогда как расход воды в нём менялся от 25 л/с в 2010 г. до 13 л/с в 2012 г. В зоне разгрузки тёплых источников в долине р. Горячая отмечено возрастание температуры со временем. Наибольшие изменения отмечены в источниках, расположенных над осевой частью термоподводящей зоны (2-я тёплая лужа). Здесь в 2010 г. была измерена температура 40°C , в 2012 г. — 41°C , и в 2013 г. — 43°C . В двух группах источников, расположенных в периферийной части зоны, температура составила соответственно 37°C , 38°C и 40°C .

Измерения радиоактивности пород и газов в 2010–2013 гг.

Параметры γ (мкР/ч) и α -радиоактивности (кБк/м³) часто независимы друг от друга и вариации их значений связаны с разными факторами [2, 5, 6]. Методика полевого исследования

гамма-активности и объёмной активности радона изложена в работе [1].

Общие сведения о низкой радиоактивности Камчатки и радоновой опасности восточной зоны полуострова описаны предыдущими исследователями [2]. В районе Налычевских источников высокая до 30 мкР/ч точно локализованная гамма-радиоактивность, представленная в плане небольшими пятнами с повышенными содержаниями радия, была впервые установлена Ю.М. Пузанковым в 1964 г. Наиболее высокие содержания радия концентрировались в верхней части травертинового покрова под плотной известковой коркой на глубине ~ 30 см [4]. В спонтанном газе Налычевских источников было выявлено сравнительно невысокое (по сравнению с рядом других высокотемпературных источников) содержание радона [5, 8]. Мы допускаем возможность резких колебаний выноса радиоактивных элементов [4].

На весьма вероятное нарушение равновесности в рядах распада естественных радиоактивных элементов при вулканической и гидротермальной деятельности обращали внимание основоположники ядерной вулканологии [6, 7]. Такая неравновесность обусловлена существенными различиями физико-химических свойств материнских и дочерних радиоизотопов и может достигать нескольких порядков [1, 6].

Представленное исследование существенно дополняет и в общих чертах подтверждает данные и представления предыдущих исследователей. Обращает внимание на некоторые знаковые положения.

На протяжённой моренной гряде в 1 км к востоку Термального ручья¹ значения γ замерены в пределах 3 мкР/ч, α — 2 кБк/м³. В контрольных точках, с замерами на которых начиналась каждая серия (день) исследований оба параметра γ мкР/ч и α кБк/м³, различались обычно не более, чем на 10%, γ не превышала 4 мкР/ч, α была в пределах 4 кБк/м³. Во время редких циклонов с понижением атмосферного давления α незначительно повышалась. Объёмная активность радона в спонтанном газе грифона Иванова также была небольшой, сопоставимой с таковой в придонных газах трёх ванн и не превышающей α в контрольных точках. Максимальные значения γ на поверхности травертинов и гидротермально-изменённых пород до 46 мкР/ч. В почвенном воздухе α до 98 кБк/м³ были явно повышенными по сравнению с данными предыдущих исследований (и данными автора по другим объектам).

Высокие значения γ были не стабильны в пространстве и во времени. В ряде случаев значимые вариации отмечались в течение первых часов. Максимумы разных лет были приурочены к зонам изменённых пород и обычно отклонялись от прошлогодних, иногда на десятки метров. Максимумы α также были приурочены к изменённым породам и, как правило, положение точек этих максимумов

¹Далее в тексте — ручей.

не совпадало по годам. Этот параметр гораздо стабильнее, чем γ , и в течение 10 дней каждого года измерений почти не менялся.

В целом столь высокие значения α или объёмной активности радона, очевидно, связаны с эманулирующими коллекторами — накопителями радия. Принципиальная схема подобного эманулирующего коллектора была представлена ранее [1].

Выводы

Режимные наблюдения и периодические замеры расходов и температур водотоков указывают на развитие гидротермальной системы

1. По проявлению радиоактивности в пределах исследованной площади выделяются три зоны: низкой, средней и высокой гамма — и альфа активности

2. На исследованной территории действуют (и возможно образуются) эманулирующие коллекторы, которыми могут быть сульфаты радиобаритов.

3. Высокая радиоактивность вызвана «мерцающими» проявлениями радиоактивности, пока мало изученными.

4. Проявления и вариации радиоактивности указывают на активизацию гидротермальной системы и хорошую проницаемость среды от активной зоны до земной поверхности.

В общем случае дочерние радиоизотопы значительно активнее (подвижнее) материнских. В паре ^{238}U и ^{226}Ra это правило нарушается. Уран выносятся близневыми водами, а радий фиксируется сульфатами, может частично замещать Ва в барите и формировать эманулирующие коллекторы [1, 7, 8].

В итоге во время режимных наблюдений и замеров расход и температура термальных источников Налычевских обычно стабильны, лишь иногда варьируют. Причины вариаций могут быть различны, в том числе возможны эндогенные факторы.

Работа выполнена по тематике и при финансовой поддержке

Программы ФНИ государственных академий наук на 2013–2020 гг., тема № 12-III-A-08-171 «Изучение геологического строения и условий образования кальдер и связанных с ними геотермальных месторождений на Камчатке», а также Программы стратегического развития КамГУ им. Витуса Беринга на 2012–2016 г.г.

Авторы искренне благодарят д.ф.-м.н. П. П. Фирстова за постоянный интерес к нашим работам и периодическую техническую помощь.

Список литературы

1. Андреев В. И. Распределение естественных радиоактивных элементов в твёрдых вулканитах и радиогенных газах из вулканов и гидротерм Камчатки и Курил. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2013. 157 с.
2. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов. Книга 6. М.: Недра, 1996. С. 287 — 589.
3. Масуренков Ю. П., Комкова Л. А. Геодинамика и рудообразование в купольно-кольцевой структуре вулканического пояса М.: Наука, 1978. 271 с.
4. Пузанков Ю. М., Бобров В. А., Дучков А. Д. Радиоактивные элементы и тепловой поток земной коры полуострова Камчатка. Новосибирск: Наука. 125 с.
5. Сугробов В. М., Вакин Е. А. Основные результаты комплексных исследований и их применение при изучении геотермальных месторождений. Геотермические и геохимические исследования высокотемпературных гидротерм. М.: Наука, 1986. С. 189–201.
6. Титаева Н. А. Геохимия природных радиоактивных рядов распада. М.: ГЕОС, 2005. 225 с.
7. Чердынцев В. В. Ядерная вулканология. - М.: Наука, 1973, 208 с.
8. Чирков А. М. Радон в газах некоторых вулканов и гидротермальных систем Камчатки. Вулканизм и глубины земли. М.: Наука, 1971. С. 359 — 364.