

УДК 528.71:551.21:553.24

**ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЯ КАЛЬДЕРЫ АКАДЕМИИ НАУК: РЕЗУЛЬТАТЫ
ТОПОСЪЕМКИ, ГИДРОХИМИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ
ПОСЛЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПОДВОДНОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ 1996 г.**

Г.А. Карпов, В.Н. Двигало

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-
Камчатский, 683006; e-mail: karpovga@kscnet.ru*

Кальдера вулкана Академии Наук занимает южный сектор Карымского вулканического центра, расположенного в центральном звене Восточного вулканического пояса Камчатки. Карымский вулканический центр представляет собой пример сложного комплекса, в котором наблюдается широкое проявление вулканических, сейсмических, тектонических и гидротермальных процессов, связанных с активностью длительно-живущих магматических очагов [2].

Вулкан Академии Наук имеет длительную историю развития [4] и считается недействующим [8]. Его кальдера, образовавшаяся порядка 28-48 тыс. лет назад [1, 14], заполнена крупным (площадью 10,299 км² на сентябрь 2004 г.) Карымским озером. Имеются геологические свидетельства нескольких проявлений вулканизма за последние 6-8 тыс. лет непосредственно в самом озере [3, 5]. 1-2 января 1996 г. бассейн Карымского озера стал ареной краткосрочного, но мощного подводного фреато-магматического извержения, завершившегося образованием полуострова Новогодний в северном секторе кальдеры с подводным кратером Токарева [14, 15].

До извержения 1996 г. были известны термопроявления в южном секторе кальдеры, обнаруженные в 1938 г. и описанные в 1947 г. В.Д. Троицким [13] и В.И. Влодавцем [8]. Они получили название – источники Академии Наук. В 1974 г. Б.В. Иванов опубликовал результаты исследований этих источников, сделанных в 1963-1965 гг. [9]. В 1989 г. Г.Ф. Пилипенко написала большую статью, в которой была дана комплексная оценка геологической и гидрогеологической обстановок формирования гидротермальной системы, которую она назвала Карымско–Академической [12]. Были приведены данные по химическому составу источников и составу свободных газов термопроявлений. В статье также было обращено внимание на наличие незамерзающих участков в прибрежной зоне озера Карымское в северном, восточном и западном секторах кальдеры. После извержения 1996 г. на этих участках проявились новые группы источников. В 1998 г. Е.А. Вакин и Г.Ф. Пилипенко дали обстоятельное описание практически всех термопроявлений бассейна Карымского озера после извержения 1996 г., в котором к тому же сообщалось, что в 1989 г. Камчатским территориальным геологическим управлением в этом районе была выполнена гидрогеологическая съемка масштаба 1:200000, во время которой были описаны, опробованы и нанесены на карту второстепенные термопроявления южного берега озера. На схеме, приведенной в статье [6], эти термопроявления есть. Но, к сожалению, все графические материалы в этой и во всех упомянутых статьях сделаны на базе глазомерных съемок. Поэтому достаточно трудно сопоставить эти данные. Тем не менее, приведенные в статьях рисунки, описания рельефа и абсолютные отметки объектов исследований в периоды наблюдений позволяют сделать выводы об изменениях, произошедших на участках термопроявлений в связи с подводным извержением 1996 г.

В 2003-2004 гг. В.Н. Двигало выполнил аэрофототопографическую съемку участков термопроявлений кальдеры Академии Наук (рис. 1). В результате были составлены топографические планы масштаба 1:5000 полуострова Новогодний (рис. 2)

и масштаба 1:500 термальных участков южного берега озера Карымского (рис. 3). В 2004-2006 гг. нами была проведена наземная инструментальная привязка практически всех источников в кальдере. Съемка источников осуществлена с применением электронного тахеометра REC Elta-2 в условной системе координат Карымского вулканического центра, созданной ИВиС ДВО РАН и используемой в этом районе.

В работе мы сделали акцент на описании морфологических характеристик и гидрохимии практически всех значимых термальных источников, с точной привязкой их к местности. Предваряя описание, следует отметить, что после подводного извержения 1996 г. произошли заметные изменения в морфологии участков термопроявлений и появились несколько новых выходов гидротерм как в основной группе источников Академии Наук (гейзер Новый и вся западная часть группы), так и на восточном побережье озера (источники Ушаковский, Карбонатный, Трехголовый и др.). Начнем описание с северного сектора кальдеры.



Рис.1. Схема границ топографического картографирования основных групп термальных источников кальдеры Академии Наук в 2004-2006 гг. А – границы топоплана масштаба 1:5000 на район полуострова Новогодный, Пийповских и Медвежьих термальных источников; Б – границы топоплана, составленного в масштабе 1:500 на район Западной, Прибрежно-береговой и Юго-восточной групп термальных источников Академии Наук; В – границы Восточной группы термальных источников Академии Наук (на этом участке выполнена съемка термальных источников и береговой линии озера Карымское).

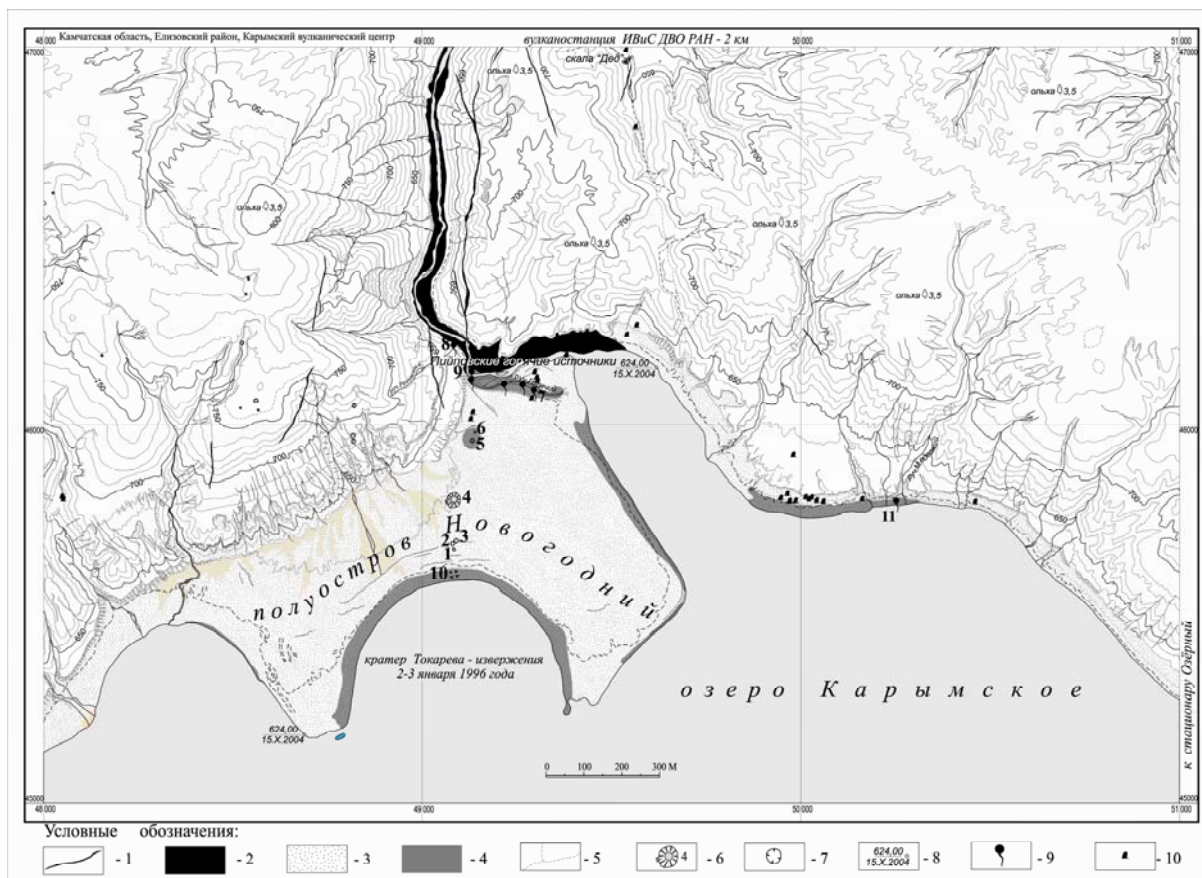


Рис. 2. Уменьшенная копия топографического плана полуострова Новогодний, Пуйповских и Медвежьих термальных источников. Горизонтали показаны через 10 метров. 1 – зияющие трещины, образование которых связано с Новогодними событиями 1996 г.; 2 – отложения грязевых потоков января-мая 1996 г.; 3 – обнаженные поверхности (поверхность полуострова Новогодний, вновь образованного пляжа, участки проявления склоновых процессов и т.п.); 4 – зоны прогрева поверхности; 5 – тропы; 6 – маар; 7 – взрывные и провальные воронки; 8 – отметки урезов воды и даты их определения; 9 – термальные источники; 10 – крупные камни.

Источники и термопроявления северного сектора кальдеры Академии Наук

Пуйповские источники. Эти источники появились в мае 1996 г. после прорыва плотины, подпрудившей озеро в результате подводного извержения. Около 10 выходов горячей воды сосредоточены под левой аккумулятивной террасой р. Карымской, подмывшей материал полуострова Новогодний (рис. 2). Эти источники трассируются руслом ручья Горячего, исток которого в 1996 г. находился в 30 м от озера. Ручей Горячий впадает в р. Карымскую на участке ее поворота почти под углом 90 градусов, на север, где она следует вдоль разлома, подновленного здесь во время землетрясения 1 января 1996 г.

Наиболее высокотемпературным выходом гидротерм, приуроченных к руслу ручья Горячего, является источник № 7, расположенный в левом борту ручья - напротив большого камня, лежащего на левой террасе. В первые годы после извержения этот источник имел температуру до 80⁰С. В составе его высокоминерализованной воды преобладали ионы хлора и натрия. С течением времени температура и минерализация источника понизились (табл. 1, пункт 7). В береговой зоне русла ручья Горячего (где температура снижалась до 64 – 50⁰С) практически сразу после его образования стали развиваться колонии сине-зеленых водорослей, а в самом русле ручья в период 1996-2003

гг. наблюдался осадок гидроокислов железа охристого цвета. Источник № 7 интересен еще тем, что в составе его свободных газов в первые годы существования было зафиксировано до 54 % метана [11]. Со временем содержание метана понижалось, а содержание углекислоты и азота возрастало.

Несколько горячих источников выходят в прирусловой зоне реки Карымской, а один выход (Бурлящий или Джакузи, с температурой на дне 99.7°C , при температуре воды в реке над ним 14.3°C , а перед ним 6.8°C) наблюдается даже в самом русле (рядом с источником № 9, рис. 2).

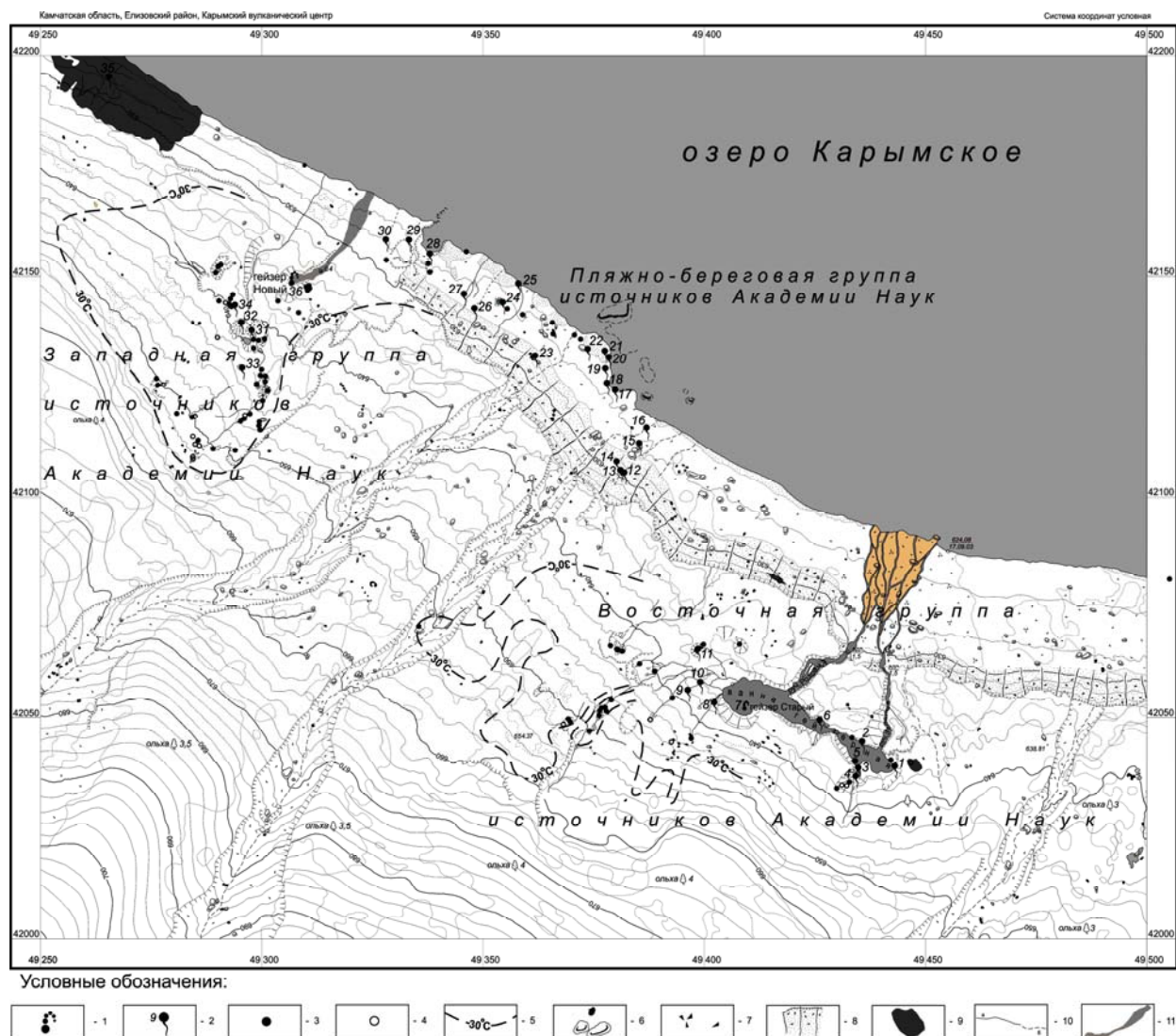


Рис. 3. Уменьшенная копия топографического плана Южного участка термальных источников Академии Наук, составленного в масштабе 1:500. 1 – гейзеры; 2 – опробованные термальные источники и их номера; 3 – неопробованные термальные источники; 4 – парогазовые выходы; 5 – изотерма 30°C в грунте на глубине 10 см, оконтуривающая термальные участки; 6 – камни, выражающиеся в масштабе плана; 7 – каменистые поверхности; 8 – обрывистые, осыпающиеся склоны; 9 – участки выходящих на поверхность окремнелых пород; 10 – ручьи; 11 – русло стока вод гейзера Новый.

Таблица 1. Химический состав термальных вод источников вулкана Академии Наук (мг/л)
(северный сектор)

№ на плане	8	7	7	7	5	10	4	4	11	
Дата отбора	24.07.02	10.10.96	25.05.98	12.07.06	21.07.97	03.01.97	06.02.96	15.07.06	14.09.99	07.08.05
№ пробы	3/2002	19-к/96	5/98	4784	П/97	т/п	маар	4821	М/99	М/05
pH лаб.	7.8	7.7	6.8	7.7	7.8	7.3	6.3	6.2	7.3	6.7
t°C	77	89	78.9	71	97	79	32	21	38	40
Cl ⁻	136.20	753.00	688.70	262.70	1221.00	282.00	185.70	0.00	146.00	157.4
SO ₄ ²⁻	317.00	509.00	282.20	457.92	317.00	240.00	1066.00	3.84	67.20	76.80
HCO ₃ ⁻	94.00	140.30	153.80	71.98	119.50	152.00	84.10	3.66	76.90	79.30
F ⁻	-	-	0.4	-	0.41	1.00	-	0.00	1.14	0.40
Na ⁺	247.20	551.0	532.00	348.28	849.00	255.00	276.00	0.90	115.00	129.70
K ⁺	23.00	58.00	32.30	21.10	85.00	24.00	36.70	0.08	11.90	16.70
Ca ²⁺	14.40	124.00	60.10	49.70	92.00	48.00	132.0	1.60	20.00	14.40
Mg ²⁺	1.00	16.90	17.10	1.21	2.40	9.70	18.2	0.00	1.90	2.40
NH ₄ ⁺	0.10	-	-	0.00	0.10	0.10	-	0.00	0.10	0.20
H ₃ BO ₃	13.60	53.40	36.00	15.60	57.80	16.30	6.8	0.00	16.7	20.80
H ₄ SiO ₄ р.	241.00	149.00	193.10	167.50	161.00	390.00	340.50	0.00	205.00	175.60
H ₄ SiO ₄ к.	22.00	142.00	233.20	47.50	300.00	0.00	0.00	0.00	85.00	55.20
Σ	1109.50	2496.60	2234.70	1442.49	3205.21	1418.10	2276.0	10.08	730.54	728.73
H ₂ S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.0	0.00		

Примечание. Номера на плане (рис. 1) соответствуют источникам: 4 – маар; 5 – Провал; 7 – источник 1 на ручье Горячем; 8 – источник Разломный; 10 – источник Пляжный; 11 – источник Медвежий. Анализы выполнены в гидрохимической группе Аналитического центра (АЦ) ИВиС ДВО РАН.

Самым северным в группе Пийповских источников является источник Разломный (рис. 2, точка № 8). Он выходит недалеко от уреза воды реки в разломной зоне. Состав его воды смешанный, преобладает сульфатно-натриевая компонента (табл. 3, пункт 8).

На плане (рис. 2) показаны взрывные и провальные воронки 1 - 6. Первые три возникли во время извержения в январе 1996 г. Некоторое время они были заполнены водой с температурой до 70°C и отличались мощным паро-газовыделением. Но уже в 1997 г., с понижением общего уровня воды в Карымском озере, вода из этих воронок ушла, и они стали заплывать и засыпаться пеплом от извергающегося вулкана Карымский.

Воронка № 4 – маар, образовавшийся в последнюю стадию извержения 1996 г. [7, 14]. Он представляет собой кольцевое сооружение глубиной – 3.5 м, окруженное бортовым валом. На дне маара находится озерко. Сразу после извержения борта маара были прогреты до 54°C, а вода в озерке имела температуру 32°C, высокую минерализацию, с преобладанием сульфатно-натриево-кальциевой компоненты, и содержала до 23 мг/л растворенного сероводорода (табл. 3, пункт 4). Со временем температура в озерке сильно упала (зимой 2003 г. оно уже замерзло), а минерализация стала отражать состав дождевой воды.

Таблица 2. Химический состав термальных вод источников вулкана Академии Наук (мг/л)
(южный сектор)

№№ на плане	1	3	4	7	8	9	11	20	25	31	32	35	36
Дата отбора	12.07.06	12.07.06	12.07.06	12.07.06	12.07.06	12.07.02	12.07.06	12.07.06	17.07.06	12.07.06	12.07.06	15.07.06	12.07.06
№ пробы	4825	4827	4826	4828	4829	4830	4831	4832	4817	4834	4835	4815	4836
pH лб.	8.26	8.76	6.49	9.38	9.37	9.50	4.10	7.27	7.4	6.58	5.98	6.90	9.46
t°C	85	98	44	95	99	94	94.5	91	92	97	95	92	98
Cl ⁻	165.92	111.32	2.13	329.21	119.83	390.10	0.02	2.13	271.93	39.71	31.20	264.83	439.62
SO ₄ ²⁻	84.53	32.18	6.24	96.00	40.35	105.70	4.20	12.97	100.80	30.74	48.03	72.96	105.67
HCO ₃ ⁻	91.53	64.68	20.75	54.92	43.93	70.80	0.00	92.75	86.62	13.42	1.22	26.84	43.93
CO ₃ ²⁻	0.00	6.60	0.00	27.00	23.40	15.65	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	36.61
F ⁻	1.14	0.90	0.19	0.90	0.60	-	0.02	0.90	-	0.44	0.44	-	2.00
Na ⁺	153.00	110.90	4.00	275.90	125.35	313.90	0.75	26.90	230.00	34.10	25.16	186.30	353.10
K ⁺	7.20	7.30	2.70	12.30	13.50	27.80	0.16	7.50	16.06	7.50	13.60	22.62	14.20
Ca ²⁺	20.04	3.61	4.41	3.64	2.00	2.40	1.50	4.81	11.22	5.61	2.40	10.42	3.61
Mg ²⁺	1.22	0.00	0.97	0.00	0.00	0.20	0.60	1.70	0.48	0.24	0.24	0.96	0.00
NH ₄ ⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	1.08	0.15	0.10	0.15	1.75	0.10	0.00
H ₃ BO ₃	18.8	15.3	0.00	15.3	15.3	49.40	2.3	0.6	29.86	5.9	2.3	28.44	52.3
H ₄ SiO ₄ р.	170.0	192.90	92.00	225.00	194.80	207.00	225.0	194.80	186.80	275.20	316.00	204.50	227.00
H ₄ SiO ₄ к.	146.2	38.90	27.20	35.00	185.20	211.00	19.50	52.60	305.20	181.10	113.80	158.50	397.80
Σ	860.48	584.59	161.19	1075.70	764.27	1394.05	530.38	397.80	1239.10	594.11	556.15	976.17	1675.83
Hg*	0.0278			0.0282	0.2592	0.2670					0.5934-1.0512		0.2362

Примечание: Номера источников на планах (рис. 2, 4-6): 1 - Пульсир Восточный; 3 - Буйный мальчик; 4 - Девочка; 7 - Гейзер Старый; 8 - Стенка; 9 - Печка; 11 - Грязевой котел «Адский»; 20 - Береговой; 25 - Скальный; 31 - Грязевый котел «Анна»; 32 - Пульсир Западный.

*) Определение Hg проведено в полевых условиях в конденсате. Гидрохимические анализы выполнены в АЦ ИВиС ДВО РАН. Аналитики: С.В. Сергеева, В.В. Дунин-Барковская, В.К. Марынова. «-» - не определено.

Очень интересна провальная воронка № 5. Она образовалась в 1997 г. и вначале представляла собой колодеобразный провал глубиной 6.51 м и диаметром 3.94 м [6]. На дне этого провала выходил кипящий источник с высокоминерализованной водой существенно хлоридно-натриевого состава (табл. 1, пункт 5). Из воды источника выпадал кремниевый осадок в виде корочки белого цвета, а по периферии выхода, в зоне с температурой ниже 60⁰С, развивались колонии сине-зеленых микроорганизмов. В 1998 г. стенки этого провала обрушились, и источник прекратил свое существование. В неглубокой воронке № 6 долгое время шло интенсивное парение грунта, а в летнее время откладывались квасцы [7], но со временем она была практически полностью засыпана пеплом. В показанной на плане (рис. 2) точке № 10 (источник Пляжный), находящейся на одной линии со всеми описанными выше воронками, крупными источниками северного сектора кальдеры, и расположенной в пляжной зоне кратера Токарева, наблюдается высачивание горячей воды. По мере отступления береговой линии (с понижением уровня воды в озере) место высачивания перемещается. Горячая вода появляется обычно при выкапывании ямки глубиной 10 см. В 1997 г. эта вода имела довольно высокую общую минерализацию и сложный хлоридно-сульфатно-углекисло-натриево-кальциевый состав (табл. 1 пункт 10). Со временем температура выхода и его минерализация уменьшаются.

На топоплане полуострова показаны также зоны прогрева, которые были отмечены при проведении съемки в июле 2004 г. Повторное проведение термометрических измерений в 2007 г. показало, что термальные аномалии сохранились только в районе пляжной зоны - у источников Медвежьих, на ручье

Горячем, в Провале (точка № 5) и в меньшей степени – в северном секторе пляжа кратера Токарева - в районе точки 10.

Таблица 3. Химический состав термальных вод источников восточного сектора вулкана Академии Наук (мг/л)

№ на плане	15	14		13		12
Дата отбора	21.07.97	07.08.05	15.07.06	24.07.97	25.07.03	07.08.05
№ пробы	УШ-1	КМЧ-21/05	4811	С/97	4818	КМЧ-22
pH лаб.	4.60	7.45	7.8	8.48	7.9	8.34
7.33t°C	97	95	95	96	96	98
Cl ⁻	0.7	212.72	223.65	277.0	287.20	81.6
SO ₄ ²⁻	57.6	45.63	23.04	28.8	92.30	41.8
HCO ₃ ⁻	Не обн.	252.61	244.00	91.5	87.90	73.2
F ⁻	0.17	0.95	-	0.74	1.00	0.4
Na ⁺	7.6	204.70	214.00	196.0	230.90	66.5
K ⁺	2.1	10.60	11.76	12.5	19.20	7.4
Ca ²⁺	11.0	26.05	23.24	32.8	11.20	18.0
Mg ²⁺	0.6	0.73	0.00	0.12	1.90	1.2
NH ₄ ⁺	6.5	0.00	0.00	0.40	0.10	< 0.1
H ₃ BO ₃	0.7	23.37	24.17	20.4	34.00	9.10
H ₄ SiO ₄ p.	106.0	278.50	252.50	182.0	171.00	193.00
H ₄ SiO ₄ к.	2.0	156.30	0.00	200.0	286.00	101.30
Σ	194.97	1212.31	1016.36	1022.26	1222.70	593.58

Примечание. Номера источников на плане соответствуют: 12 – Береговой; 13 – Сердитый; 14 – Карбонатный; 15 – Ушаковский. Анализы выполнены в гидрохимической группе АЦ ИВиС ДВО РАН. Аналитики: С.В. Сергеева, В.В. Дунин-Барковская, В.К. Марынова.

Участок Медвежий. Этот участок располагается справа от устья холодного ручья Медвежий (рис. 2). Термальная площадка в июле 1997 г. была шириной от 0.5 м до 10 м и протягивалась вдоль берега озера не менее чем на 20 м. Приблизительно в центре ее было углубление, заполненное водой с температурой на поверхности 37⁰С. Со дна били парогазовые струи с температурой 54⁰С. Напротив этой площадки в озере у берега дно было прогрето до 25⁰С. В 1999 г. термальная площадка почти полностью затянулась илом, но была заметна по обильному развитию сине-зеленых термофилов. В неглубоком шурфе вода имела температуру 38⁰С (табл. 1, пункт 11). В 2005 г. наблюдалась та же картина, но температура оказалась равной 40⁰С. Состав воды практически не изменился.

Источники Академии Наук

Морфологически выделяются три участка выходов гидротерм, относящихся к группе источников Академии Наук: **юго-восточный** (с протяженной ванной и двумя вытекающими из нее горячими ручьями), **южный прибрежный**, трассирующий береговую линию, и **юго-западный** (с гейзером Новым и другими новообразованными термопроявлениями, расположенными на высокой террасе).

Юго-восточный участок (рис. 3, 4) группы источников Академии Наук детально описывался всеми исследователями. В.Д. Троицкий в 1938 г. отметил здесь 16 грифонов [13]. Особый интерес представляют данные Б.В. Иванова [9], который приводит рисунок расположения гидротермальных проявлений вулкана Академии Наук. На этом рисунке показаны две крупных ванны (в них, по описанию, «поступают термальные воды из всех грифонов, расположенных на склонах»). Из ванн вытекали

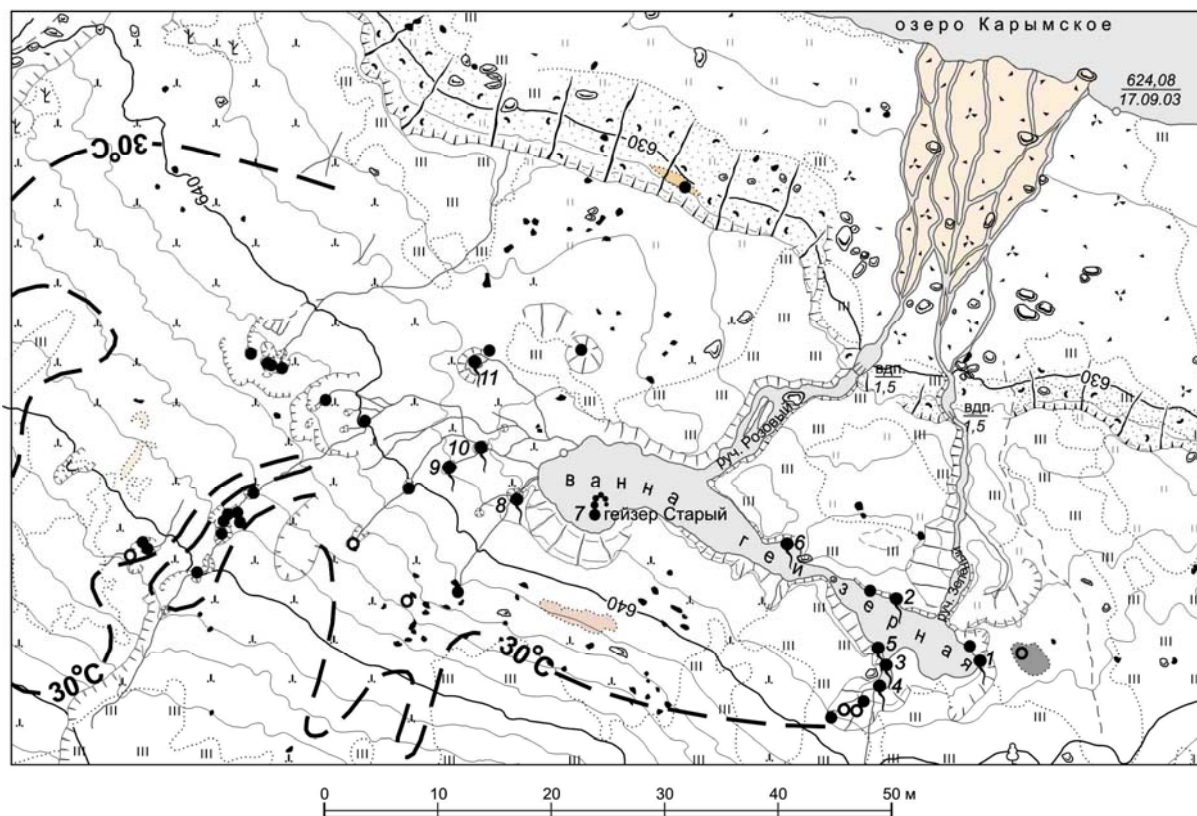


Рис. 4. Фрагмент топоплана на Юго-восточный участок термальных источников Академии наук.

ручьи горячей воды, которые вблизи уреза воды озера Карымское попадали в две более мелкие промежуточные ванны и затем втекали в озеро двумя руслами (рис. 5). В бортах ванн были расположены гейзеры: в восточной – Сердитый, в западной – Карлик. После извержения 1996 г. грифоны этих гейзеров оказались под водой ванн и гейзеры превратились в пульсирующие источники. Уровень воды в ваннах слабо изменяется в зависимости от режима работы втекающих в нее источников, но находится вблизи абсолютной отметки 635.06 м. Кроме того, сами верхние ванны соединились в одну, протяженностью 42.5 м. Две нижние - были размывы (на их месте сейчас находятся небольшие водопады), а русла горячих ручьев разделились на множество мелких проток, перекрывающих друг друга (рис. 3, 4). Можно сказать совершенно точно, что места выходов гейзеров, отмеченных Б.В. Ивановым, сохранились без изменения. В настоящее время бывший гейзер Сердитый называется нами как Пульсир Восточный. Его грифон расположен под крупным камнем, скрыт под слоем воды и работает в пульсирующем режиме с тем же хлопотаньем и шумом, который отмечал в своей статье Б.В. Иванов. Вода его по химическому составу относится к разбавленным гейзерным термам хлоридно-натриевого состава (табл. 2, пункт 1). В обрамлении ванны выходят высокотемпературные источники № 2-11 (рис. 4). Под № 2 обозначена подводная пещера Провал, глубиной около 2 м, из которой постоянно поднимаются пузыри газов. Пульсирующий источник Буйный мальчик (№ 3 на плане) выбрасывает кипятком тонкими струями. Вышерасположенный источник Девочка, который отличается более низкой температурой, низкой минерализацией воды и обильным развитием термофильных водорослей темно-зеленого цвета, длинными косами струящимися по течению ручейка. Под № 7 обозначен гейзер Старый, который в [9] назывался Карликом. После извержения 1996 г. его грифон существенно увеличился в размере

(диаметр 3.6 м), но в силу высокого уровня воды в ванне он оказался затопленным и действует в сложном гейзерном режиме без видимого опустошения канала. В южном обрамлении его грифона наблюдаются отложения гейзерита. Примечательными выходами терм на этом участке являются источники № 8 – Стенка и № 9 – Печка.



Рис. 5. Схема расположения гидротермальных проявлений вулкана Академии Наук (рис. 2 из работы Б.В. Иванова [8]): 1- геи́зеры; 2 – грифоны; 3 – измененные породы.

Грифон Стенки имеет диаметр около 90 см. С восточной стороны он обрамлен своеобразным воротником в виде пластины (стенки) высотой 81 см, на который в пульсирующем режиме выбрасываются струи кипятка $T=99^{\circ}\text{C}$ (табл. 2, № 8). Эта пластина состоит из гейзерита, обильно импрегнированного колониями термофильных сине-зеленых микроорганизмов. Пульсирующий источник Печка выходит недалеко от Стенки в развале мелких камней и глинистой массы коричневого цвета. Его вода отличается самой высокой общей минерализацией на этом участке и высоким содержанием кремниевой кислоты (табл. 2, пункт 9). Заметен на участке и грязевый котел Адский, с постоянно булькающей глинистой массой и самым низким на этом участке значением рН (табл. 2, пункт 11).

Помимо описанных источников, на восточном участке имеются еще 21 мелких выходов терм, тяготеющих к промоинам и небольшим провалам, расположенным на крутом склоне к юго-западу от основной площадки (рис. 3). Следует отметить также выход на этом участке крупной древней постройки гейзерита на склоне террасы к западу от середины ручья Розового. Обнажение гейзерита имеет видимую мощность 5.6 м. Гейзерит слоистый, ячеистый, светло-серого цвета. В постройке сохранилось пещерообразное отверстие (возможно, устье древнего гейзера), из которого постоянно поступает пар с температурой 97°C .

Южный прибрежный участок. На узком, порядка 15 м, пространстве между озерной террасой и береговой линией озера выходит более 25 разнообразных термальных источников, из которых 18 наиболее крупных нами нанесены на план (№ 12-30, рис. 3, 6). Типичными представителями этих терм являются источники Береговой-2 и Скальный (№ 20 и 25 на плане). Они выходят по трещинам в скальном основании и, если источник Береговой по составу воды сильно разбавлен и представляет собой смесь конденсата и озерной воды, то Скальный имеет максимально высокую для этого участка общую минерализацию и близкую к гейзерным термам концентрацию кремниевой кислоты (табл. 2, пункты 20 и 25).

Юго-западный участок. На этом участке, расположенном в 180 м к западу от Восточного (между грифонами гейзеров Старый и Новый – 177.5 м) все термопроявления возникли после извержения 1996 г. (рис. 3, 7). Центральным объектом здесь является гейзер Новый (в работе [6] он назван Академическим, но мы считаем, что по приоритету публикации [15] за ним следует закрепить название Новый). Его грифон врезан в крутой глинистый склон (гидротермально-измененный делювий) и имеет диаметр около 3.4 м. Ложе грифона выложено крупными полуокатанными валунами. Основное поступление воды происходит из небольшого центрального канала глубиной 95 см, расположенного между крупными камнями. В восточном борту грифона имеется маленькое боковое отверстие, из которого постоянно идет пар и во время извержения гейзера также выплескивается вода. Гейзер имеет

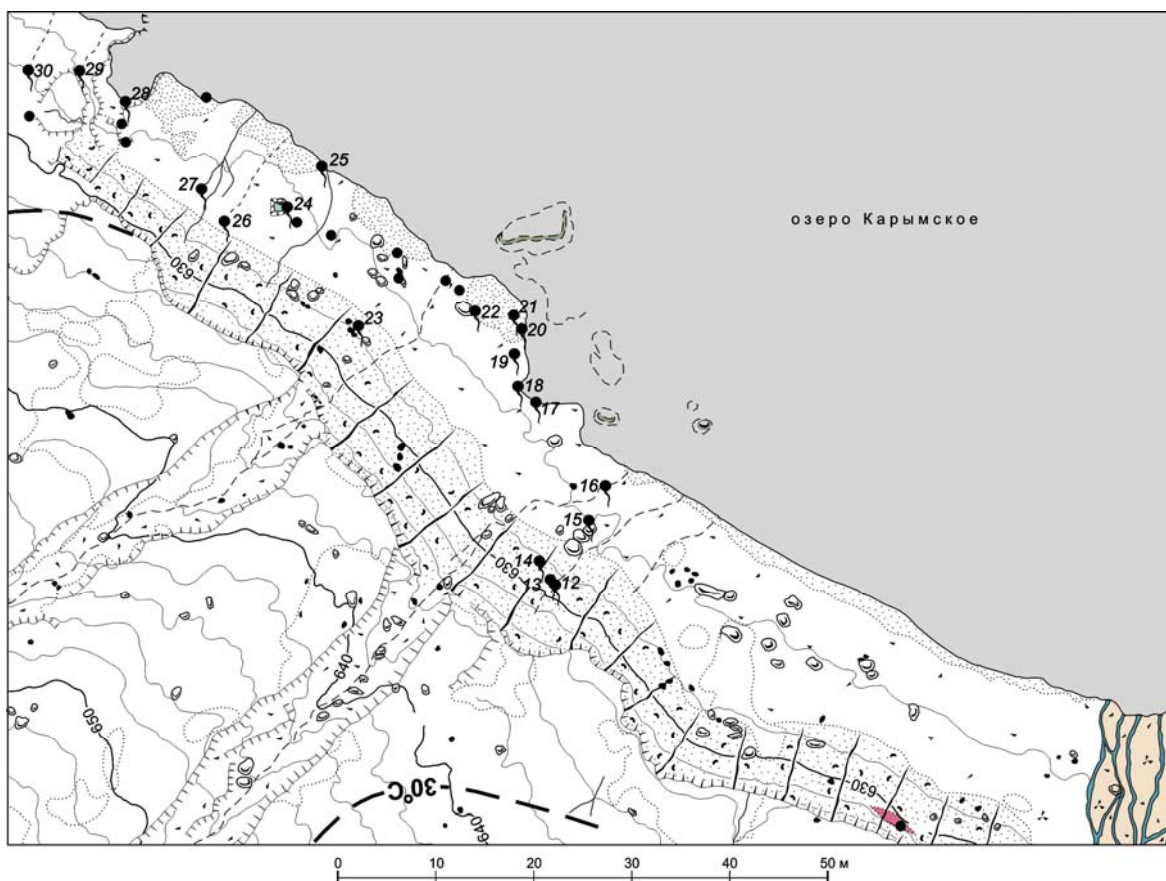


Рис.6. Фрагмент топоплана на Прибрежно-береговой участок термальных источников Академии Наук.

сложный, еще не установившийся режим, с циклами от 8.5 до 13.5 мин. Продолжительность извержений составляет в среднем 3.5 мин. Вода выбрасывается на высоту до 3 м. За одно извержение выбрасывается 5 - 7 т воды. Средний расход воды гейзера – 20 - 22 л/с. По минерализации вода относится к типичным гейзерным термам (табл. 2, пункт 36). В 15 м от гейзера, выше по склону, находится крупный пульсирующий источник Пульсир Западный. Расход его небольшой – порядка 0.2 л/с, минерализация средняя (табл. 2, пункт 31). Слева от него расположен крупный бессточный водно-грязевый котел Анна. В его грифоне бурлит вязкая глина охристого цвета. Минерализация воды почти идентична предыдущему источнику. Но здесь обнаружено высокое содержание ртути (табл. 2, пункт 32). Выше по склону, в прогревом глинистом делювиальном чехле, проявились еще 35 источников разного размера, но все они или бессточные, или имеют очень малый расход. Выше изогипсы 653 м, на протяжении не менее 20 м, наблюдается прогретая почва со мхом и многочисленными парящими проколами. Последним наиболее крупным выходом термальной воды на этом участке является источник Трещинный-2, который выходит у самого уреза воды озера из крупной видимой трещины, пересекающей в субмеридиональном направлении гейзеритовый панцирь, расположенный на крутом склоне. Расход воды в этом источнике – порядка 0.3 л/с. Температура воды колеблется в интервале 92 – 99⁰С. Далее на запад в прибрежной зоне встречаются еще несколько низкотемпературных выходов гидротерм. Они выделяются по зеленому цвету выполняющих ложа ручейков термофильных водорослей. Всего на топоплан в группе источников Академии Наук нанесено 86 термальных выходов.

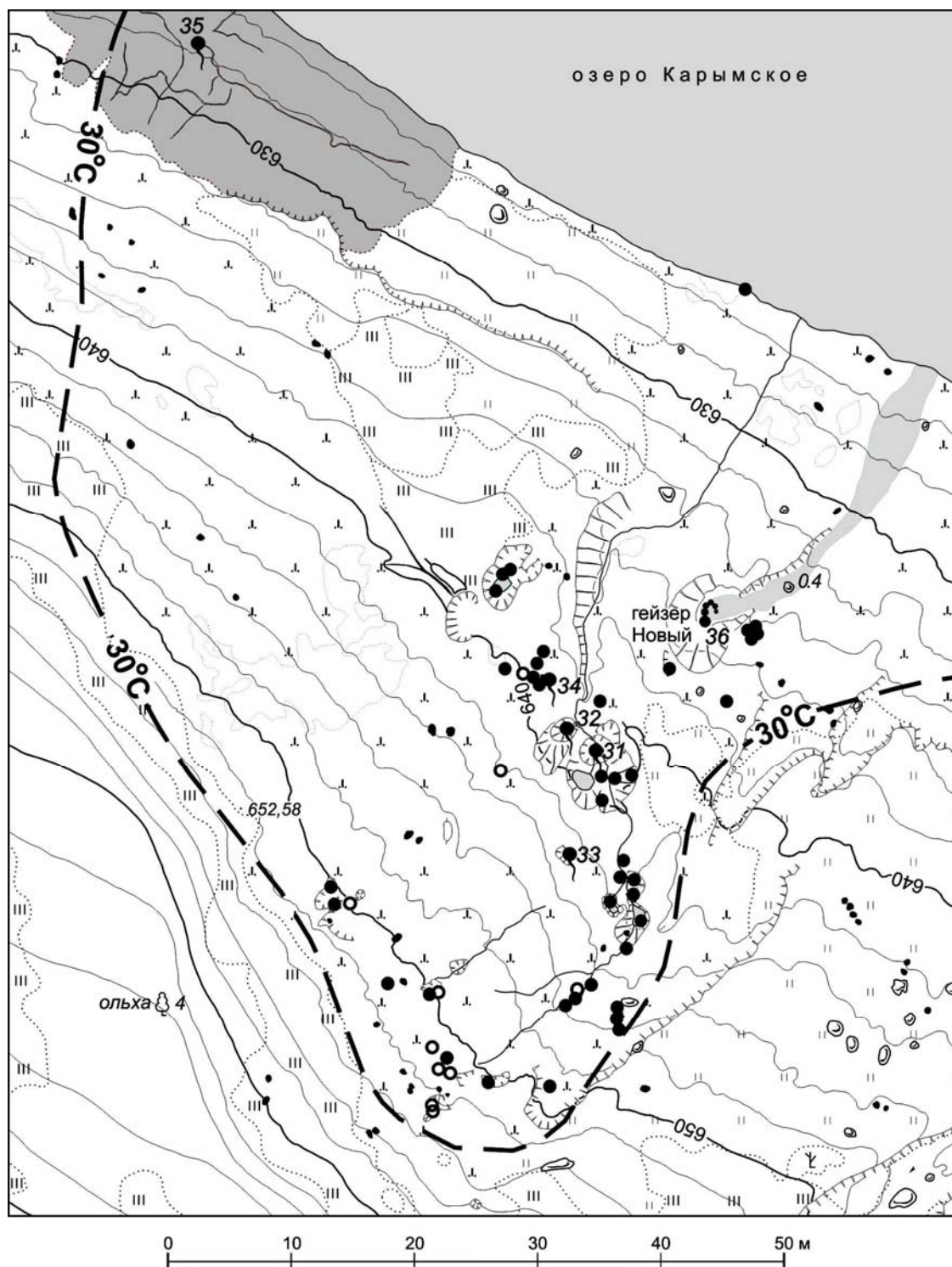


Рис. 7. Фрагмент топоплана на Юго-западный участок термальных источников Академии Наук.

Восточная группа термальных источников. Эта группа источников, по-видимому, существовала и раньше. Об этом, помимо информации В.Д. Троицкого [13] и Г.Ф. Пилипенко [12] о наличии здесь мелких грифонов и проталин зимой, свидетельствуют и бугры измененных до глинистых пород, развитых вблизи современных выходов гидротерм. После извержения 1996 г. термальная деятельность на этом участке активизировалась. Отдельные высачивания теплой воды наблюдаются на всем протяжении пляжа и побережья к востоку от группы источников Академии Наук до т.н.

бухты Желания (рис. 8). На абсолютных отметках 653.30 и 654.57 м наблюдаются две небольшие термальные площадки, на поверхности которых развиты охристые глины.

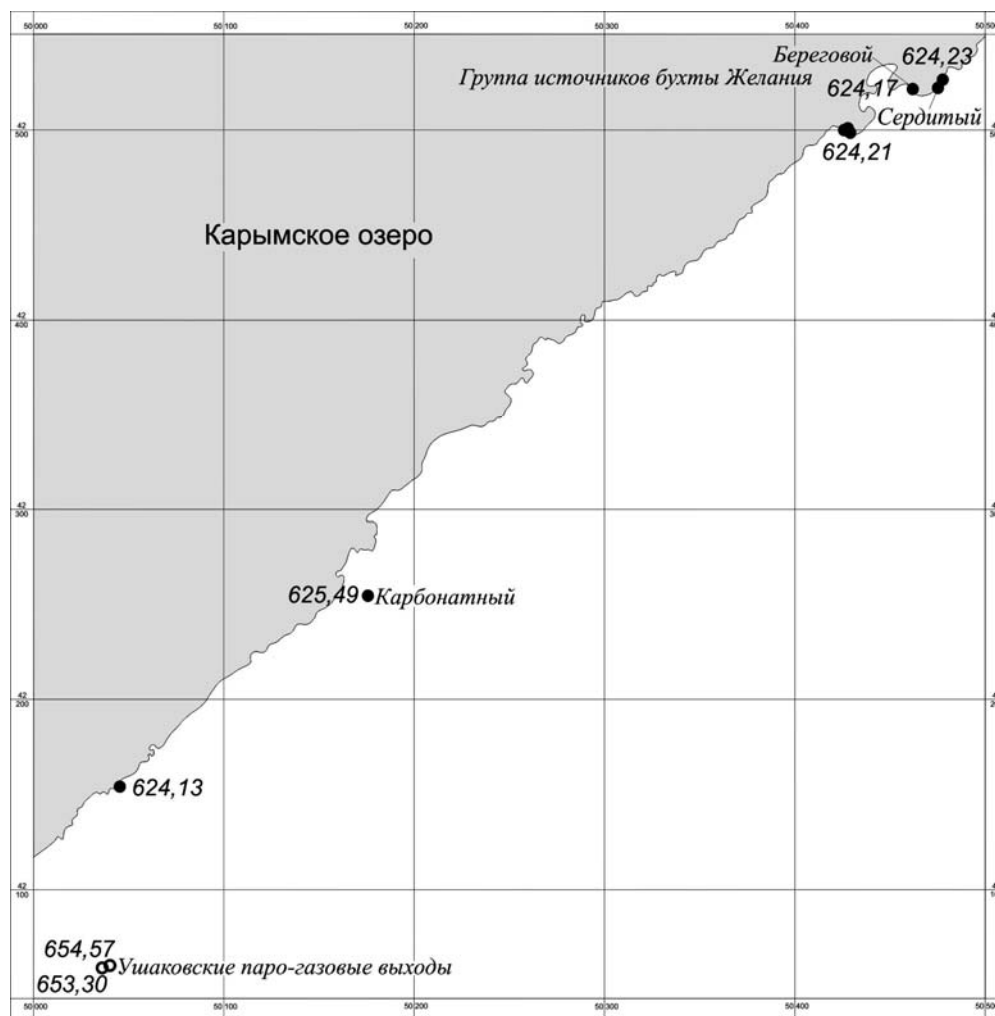


Рис. 8. Восточная группа термальных источников Академии Наук.

Здесь уже в 1996 г. были обнаружены источники, по имени первооткрывателя получившие название Ушаковских. В 1996-1997 гг. они были активны - вода из двух грифончиков стекала вниз по склону, в грифонах была низко-минерализованная вода (табл. 3, точка 15). Но уже в 2003 г. один источник совсем высох, а во втором, самом верхнем, наблюдалась вязкая глинистая масса и слабое парение.

Приблизительно в 240 м к СВ от Ушаковских источников (по берегу озера), в маленьком цирке (который в предыдущие снежные зимы и холодные летние месяцы был занят ледником, а к середине июля 2002 г. освободился от льда) 22 июля 2002 г. практикант А.В. Ермаков (МГУ) обнаружил источник, который выделялся тем, что в шлейфе растека его воды отлагался не гейзерит, а кальцит. Источник получил название Карбонатный. Источник восходящий, выходит из-под основания двух глыб базальта в виде трех струй гидротерм с температурой 93⁰С. Вода чистая, гидрокарбонатно-хлоридно-натриевого состава. Минерализация воды более-менее постоянная (табл. 3, пункт 14), расход воды – порядка 1 л/с. В шлейфе растека воды сформировался карбонатный панцирь мощностью до 4 см (по состоянию на 2002 г.). Средняя мощность панциря – 12 мм. Карбонат сливной, серого цвета, с присыпками пепла темного цвета. В зоне высокой температуры (90 – 93⁰С) карбонат имеет глобулярную, почковидную, петельчатую морфологию поверхности. По периферии источника, в зоне с

температурой ниже 60⁰С, обильно развиваются колонии сине-зеленых микроорганизмов. Общая площадь панциря - 3 x 2 м. Судя по небольшому врезу ручья и небольшой мощности панциря карбоната, источник возник после извержения 1996 г. Ручей от источника не доходит до озера порядка 1 м и теряется в прибрежном песке.

В 10 м к северу от источника Карбонатного, в северном борту цирка наблюдаются 4-5 мелких выходов термальной воды с температурой 37-50⁰С. Их суммарный расход около 0,5 л/с. В русле теплого ручья обильно развиваются термофилы. Вдоль пляжа здесь весь берег теплый. На глубине 10 см песок прогрет до 80⁰С. Южнее бухты Желания из скального основания бьет пульсирующий источник Сердитый. Его состав не изменился с 1997 г. (табл. 3, пункт 13). Через 30 м к северу от Сердитого, почти у уреза воды озера находится низкоминерализованный пульсирующий источник Береговой (табл. 3, пункт 12). Его особенностью является периодическое, возможно в зависимости от колебания атмосферного давления, исчезновение воды. В этих случаях он просто парит. Над источником – бугор с теплой поверхностью глинистой массы охристого цвета. В пляжной зоне здесь также много выходов парогазовых струй.

Дальше к северу горячих источников нет. Прогретый пляж наблюдается только при подходе к участку Медвежьему.

Заключение

Топографические материалы настоящей работы базируются на результатах съемок 2003 – 2006 гг. Гидрохимические данные охватывают период наблюдений с 1996 г. по 2006 г. Естественно, что практически все температурные и гидрохимические параметры источников, а также конфигурации как их выходов, так и самих термальных площадок со временем будут изменяться, т.к. температурное поле кальдеры и пути миграции гидротерм в самой гидротермальной системе, испытавшей пароксизм подводного извержения 1996 г., еще не пришли к динамическому равновесию. Мы надеемся, что представленные данные, и особенно картографический материал основных объектов территории, послужат надежной базой для последующих научно – исследовательских работ.

Список литературы

1. *Ананьев В.В., Титаева Н.А., Трошин А.Н.* Уран-иониевые и трековые определения возраста вулканических пород // Вулканический центр: строение, динамика, вещество (Карымская структура). М. Наука. 1980. С. 86-90.
2. *Базанова Л.И.* Вулкан Академии Наук // Вулканический центр: строение, динамика, вещество (Карымская структура). М. Наука. 1980. С. 195-197.
3. *Брайцева О.А.* Фреатомагматическое извержение в озере Карымское (Восточная Камчатка - 6500 ¹⁴-С лет назад и импульсы подачи базальтового вещества в районе Карымского вулкана в голоцене // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 138-144.
4. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В. и др.* Возраст действующих вулканов Курило-Камчатского региона // Вулканология и сейсмология. 1994. № 4-5. С. 5- 32.
5. *Белоусов А.Б.* Комментарий к статье О.А. Брайцевой // Вулканология и сейсмология. 1998. № 2. С. 107-109.
6. *Вакин Е.А., Пилипенко Г.Ф.* Гидротермы Карымского озера после подводного извержения 1996г. // Вулканология и сейсмология. 1998. № 2. С. 3-26.
7. *Вергасова Л.П., Карпов Г.А. и др.* Постэруптивная деятельность в кальдере Академии Наук (Камчатка): минеральные новообразования, содержание радона в

- спонтанных газов и биотические изменения // Вулканология и сейсмология. 1998. № 2. С. 49-65.
8. *Влодавец В.И.* Вулканы Карымской группы // Тр. Камч. вулканол. станции. 1947. Вып. 3. С. 3-48.
 9. *Иванов Б.В.* Современная гидротермальная деятельность в районе вулканов Карымской группы // Гидротермальные минералообразующие растворы областей активного вулканизма. Новосибирск. Наука. 1974. С. 32- 37.
 10. *Карпов Г.А., Лукина Е.Г., Николаева А.Г. и др.* Динамика изменения гидрогеохимических характеристик, теплового режима и биоценозов пресных и термальных вод бассейна озера Карымское после катастрофического подводного извержения 1996 г. в кальдере Академии Наук (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2008. №5. С. 3-21.
 11. *Кузьмин Д.Ю., Андреев В.И., Карпов Г.А.* Спонтанные газы термальных источников кальдеры Академии Наук // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск – Камчатский. ИВиС ДВО РАН. 2007. С. 227-235.
 12. *Пилипенко Г.Ф.* Гидротермы Карымского вулканического центра на Камчатке.// Вулканология и сейсмология. 1989. № 6. С. 85-101.
 13. *Троцкий В.Д.* Краткий геоморфологический очерк района Карымского вулкана. // Труды Камч. вулканол. станции. 1947. Вып. 3. С. 49 -67.
 14. *Федотов С.А.* Об извержениях в кальдере Академии Наук и Карымского вулкана на Камчатке в 1996 г., их изучении и механизме // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 3-37.
 15. *Федотов С.А., Муравьев Я.Д., Иванов В.В. и др.* Извержения в кальдере Академии Наук и Карымского вулкана в 1996-97 гг. и их воздействие на окружающую среду // Глобальные изменения природной среды. Новосибирск. СО РАН НИИЦ ОИГТМ. 1998. С. 127-145.

THERMAL DISCHARGE IN THE CALDERA OF AKADEMII NAUK: RESULTS OF TOPOGRAPHIC AND HYDROLOGIC SURVEYS OF THERMAL SPRINGS AFTER THE 1996 CATASTROPHIC SUBMARINE ERUPTION

G.A. Karpov, V.N. Dvigalo

The Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, 683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: karpovga@kscnet.ru

The paper presents new data obtained from results of topographic survey conducted from 2003 through 2006 and hydrochemical data from studying thermal springs in the Academii Nauk Caldera between 1996 and 2006. The authors note considerable changes in morphology of discharge areas after the 1996 catastrophic submarine eruption. The authors suggested that the temperature field of the caldera and migration paths of thermal sites in hydrothermal system of the Academii Nauk Caldera suffered from the 1996 paroxysmal submarine eruption have not yet reached a dynamical equilibrium.