

## **РТУТЬ В ХЕМОГЕННЫХ ОСАДКАХ И ТЕРМАЛЬНЫХ ГЛИНАХ ГРЯЗЕВЫХ КОТЛОВ КИХПИНЫЧСКОГО ДОЛГОЖИВУЩЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (КДВЦ)**

**О.Ф. Карданова**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683003;  
e-mail: kof@kscnet.ru*

Данная работа является продолжением исследований автора в районе КДВЦ. Ранее рассматривались состав и условия образования хемогенных осадков на термальных полях этого центра [6, 7]. Работа проводилась в связи с исследованиями источников рудного вещества, механизмов его переноса и условий минерало-рудообразования. В этой статье рассматриваются особенности поведения ртути в различных типах минеральных осадков КДВЦ.

Известно, что ртуть попадает в атмосферу при извержениях вулканов, из горячих источников и фумарол. Из атмосферы ртуть удаляется атмосферными осадками, происходит растворение Hg в водах гидросферы, синтез ряда ртутных соединений (сульфиды и хлориды Hg), сорбция ртутных паров коллоидными осадками (гидроокислами Mn, Fe, Al и др.) [15]. Важнейшую роль в геохимии ртути играет миграция в газообразном состоянии и в водных растворах. В большинстве систем Hg рассеяна и только в гидротермах происходит ее концентрация, образуются гидротермальные месторождения ртути [14].

Анализы ртути в хемогенных осадках и гидротермальных глинах выполнены методом диффузного разделения на установке УДР, разработанной И.И. Степановым, в комплекте с атомно-флуоресцентным спектрофотометром «Меркурий-3М». Предел обнаружения Hg -  $2 \cdot 10^{-7}$  % (2 ppb). Достаточно подробная характеристика этого метода приведена в работе [16].

### **Район исследований**

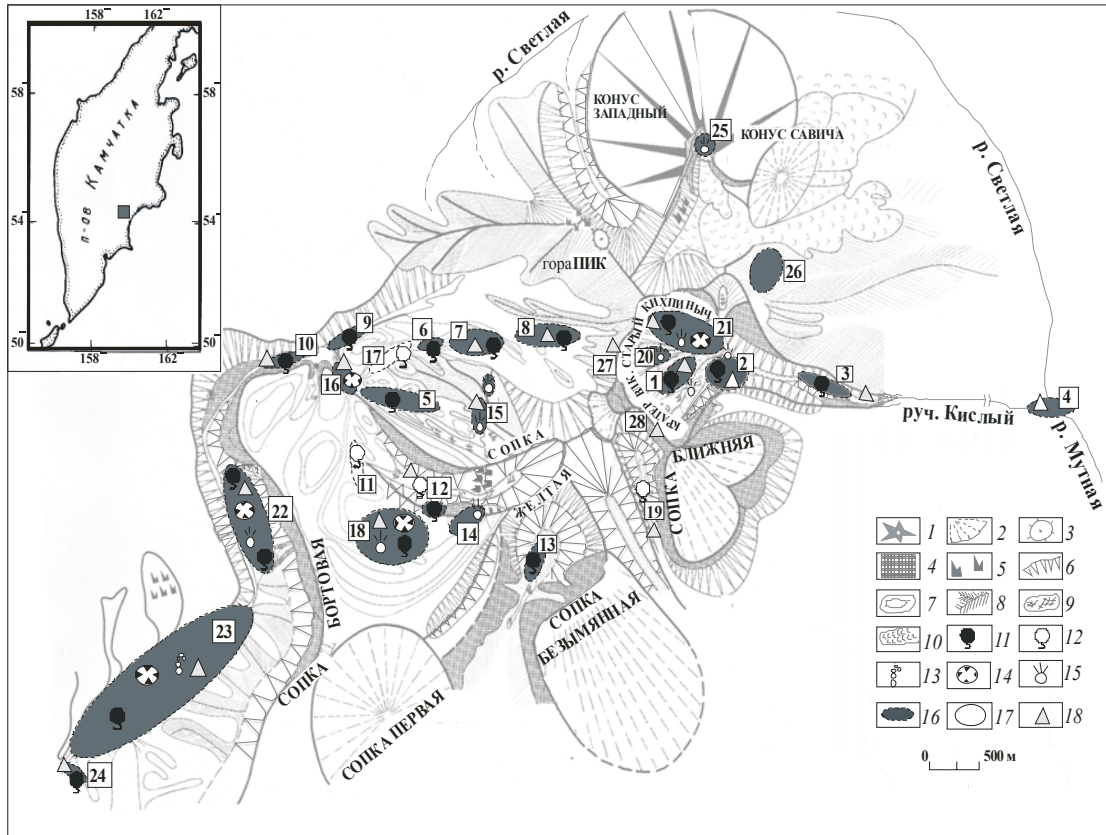
Кихпинычский долгоживущий вулканический центр расположен в центральной части Восточного вулканического пояса Камчатки [2] и образовался на пересечении двух разломов. Основные структурные элементы этого центра определяются глубинным разломом северо-восточного простирания [4]. Субширотный Узонско-Валагинский разлом второго порядка является осложняющей структурой [20]. КДВЦ находится в восточной части этого разлома.

Центр включает несколько разнородных и разновозрастных сооружений (рис. 1). Одно из них – средне-верхнеплейстоценовый вулкан Старый Кихпиныч (СК), который сложен высокоглиноземистыми базальтами, сильно измененными гидротермальными процессами. Вулкан образовался до этапа мощных игнимбритообразующих извержений и кальдерообразования в Восточной вулканической зоне [2]. Постройка вулкана Старый Кихпиныч служит основанием для дацитового вулкана Сопка Желтая, возникшего в конце позднего плейстоцена, и расположенного севернее голоценового базальтового вулкана Молодой Кихпиныч, состоящего из конуса Западный и конуса Савича [2, 3]. Эти два конуса возникли после длительного (десятки тысяч лет) перерыва в деятельности вулкана Старый Кихпиныч.

Гейзерная гидротермальная система представляет собой восходящий водный поток из области магматического очага вулканического массива Кихпиныч, сформированный местными инфильтрационными водами и водами регионального подземного стока [10]. Отмечается, что основная разгрузка латерального потока гидротерм ( $T \sim 180$  °C) происходит в нижнем течении реки Гейзерной.

## Результаты исследования

На рис. 1 отмечены термальные поля, образцы с которых проанализированы на содержание ртути. На рис. 2а на большом фактическом материале (более 200 образцов)



**Рис. 1.** Схема расположения пунктов отбора проб для определения содержания ртути в хемогенных осадках и термальных глинах котлов на полях КДВЦ. 1- лавовые конусы; 2 – лаво-пирокластические конусы; 3 – вершины; 4 – отвесные склоны; 5 - отдельные скалы; 6 – крутые склоны; 7– горизонтالي; 8 – водоразделы; 9 – снежники; 10 – лавовые потоки; 11 – теплые и горячие источники; 12 – холодные источники; 13 – гейзеры; 14 – котлы; 15 - паровые струи; 16 – термальные поля (цифра – номер поля); 17 - границы полей с холодными источниками; 18 – Нг. *Термальные поля:* 1 – Южное (СК); 2 – Восточное (СК); 3 – «Щеки», восточный склон СК, русло ручья Кислый; 4 – исток р. Мутная; 5 – Каменный Карман; 6 – Теплое; 7 – Травертиновое; 8 – Перевальное; 9 – ручей Прозрачный; 10 – «Колорадо»; 11 – холодные источники Новые; 12 – горячий источник Новый; 13 – исток ручья Короткий Ключ; 14 – Вершинное; 15 – Северо-Кихпиньчское; 16 - Долина Смерти; 17 – Серное (холодное); 18 – ЮКТП; 19 – источник в верховье ручья Извилистый; 20 – Западное; 21 – Северное (СК); 22 – Верхне-Гейзерное; 23 – Долина Гейзеров; 24 – ручей Второй (в ~ 0.5 км от гейзера Первенец вниз по р. Шумная); 25 - Конус Савича; 26 – Склоновое; 27 – перевал Западный; 28 – перевал Южный. На врезке показано расположение района исследований

показано распределение ртути в районе КДВЦ в хемогенных осадках и термальных глинах грязевых котлов. В табл. 1 приведены пределы содержания ртути на термальных полях КДВЦ и средние содержания ртути для каждого из них. Наибольший разброс значений на термальных полях (ТП): Южно-Кихпиньчском (ЮКТП), Верхне-Гейзерном (ВГ) и Долине Гейзеров (ДГ). На дацитах вулкана Верхнегейзерный (средний плейстоцен) расположено термальное поле Верхне-Гейзерное [9]. ЮКТП находится у южного подножия Сопки Желтой. Средние содержания ртути в гидротермальных

**Таблица 1.** Содержание Hg в хемогенных осадках и в глинах грязевых котлов на некоторых термальных полях КДВЦ ( $10^{-6}$  %).

Название термального поля (площадки)	n*	от	до	X <sub>ср</sub> **
Южное, ТП 1; кратер вулкана Старый Кихпиныч	14	<0.2	590	259.9
Северное, ТП 21; то же	7	5	480	108
Восточное, ТП 2; то же	2	23	31	27
<b>Кратер вулкана Старый Кихпиныч (СК)</b>	<b>23</b>	<b>&lt;0.2</b>	<b>590</b>	<b>131.6</b>
СК, восточный склон; «Щеки», ТП 3	2	23	23	23
СК, западный перевал; (№ 27)	3	24	120	69.3
СК, южный склон сопки Ближней, жила CaCO <sub>3</sub> ; ТП 19	1	5		
СК, южный перевал (№ 28)	1	64		
Верхне-Гейзерное (ВГ), ручей Кровавый***	2	6	1100	552.5
ВГ, Малышка***	2	420	1250	835
ВГ, Большая фумарола, (центральная)***	9	500	4200	1964.4
ВГ, Большая фумарола, (верхняя)***	5	660	2630	2146
ВГ, Лагерный***	2	2300	3900	3100
ВГ, Лагерный, оползень 1986 г.***	4	860	3500	2390
ВГ, Термальное болото, (верхняя)***	15	110	2200	846
ВГ, Термальное болото, (центральная)***	1	720		
ВГ, Термальное болото, (нижняя)***	17	620	1100	644.6
ВГ, ручей Горячий***	1	1800		
ВГ, ручей Теплый, (северная)***	15	3	1000	283.5
ВГ, ручей Теплый, (южная)***	6	80	920	493.3
ВГ, ручей Подъемный***	3	480	540	510
<b>Верхне-Гейзерное поле (ТП 23)</b>	<b>82</b>	<b>3</b>	<b>4200</b>	<b>1252.7</b>
Долина Гейзеров (ДГ), гейзеры; ТП 23	7	10	2600	534.1
ДГ, котлы	22	65	640	347.9
ДГ, карбонаты	1	< 0.2		
<b>Долина Гейзеров (ТП 23)</b>	<b>30</b>	<b>&lt; 0.2</b>	<b>2600</b>	<b>441</b>
Ручей Второй, вниз по реке Шумная, ТП 24	1	2600		
Перевальное, ТП 8	4	20	100	46
Травертиновое, ТП 7	14	< 0.2	380	165.2
«Колорадо», ТП 10	3	7	90	35.7
Долина Смерти, ТП 16	1	910		
Южно-Кихпинычское, ТП 18	34	41	4000	659
Сопка Желтая, северный склон, ТП 15	3	15	220	107
Сопка Желтая, ТП 12	1	33		
Исток реки Мутной (№ 4)	2	33	36	34.5

Примечание. n\* - количество проанализированных образцов; X<sub>ср</sub>\*\* - среднее содержание Hg; \*\*\* - название площадки.



**Рис. 2а.** Распределение ртути в хемогенных осадках и гидротермальных глинах котлов на некоторых термальных полях КДВЦ: 1 – Южное; 2 – Восточное, 3 – «Щеки»; 4 – исток р. Мутной; 7 – Травертиновое; 8 – Перевальное; 10 – «Колорадо»; 12 – горячий источник Новый; 15 – Северо-Кихпиньчское; 16 – Долина Смерти; 18 – ЮКТП; 19 – ручей Извилистый; 21 – Северное; 22 – ВГ ТП; 23 – ДГ ТП; 24 – Второй ручей (в ~ 0,5 км от гейзера Первенец); 27 – Западный Перевал; 28 – Южный Перевал.

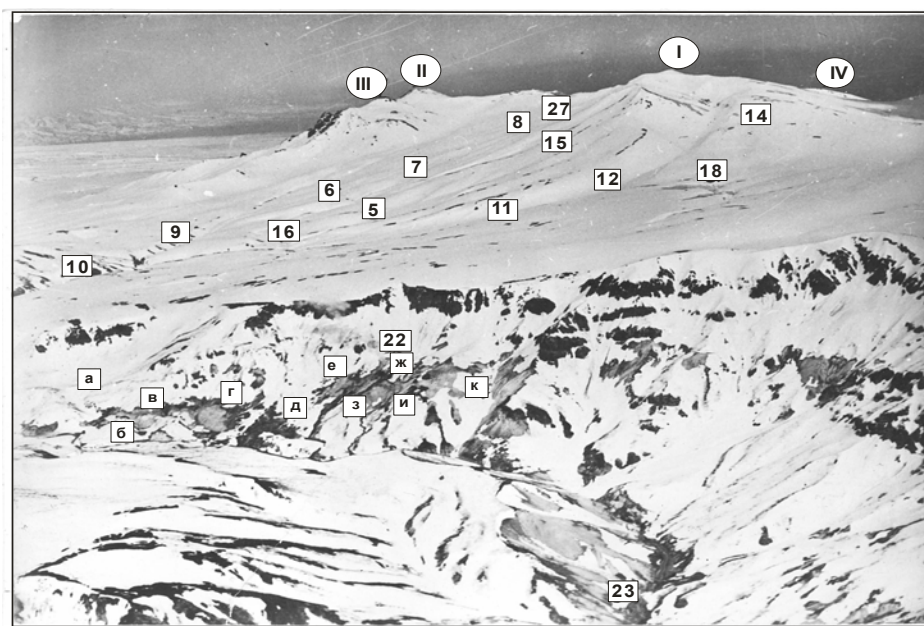


**Рис. 2б.** Средние содержания ртути в гидротермальных глинах котлов и различных типах хемогенных осадков в районе КДВЦ. Тип осадка: 1 – железистый (25); 2 – карбонатный (24); 3 – глиноземистый (5); 4 – железистый с аморфным кремнеземом (4); 5 – кремнистый (11); 6 – кремнистый с серой (4); 7 – глины термальных котлов (117); 8 – серные (2); 9 – серные с пиритом (5). Цифра в скобках – количество исследованных на содержание ртути образцов.

глинах котлов и различных типах осадков представлены на рис. 2б. На рисунке видно, что наименьшее среднее содержание отмечается для железистых осадков, а самое высокое – для сернистых осадков с пиритом.

Расположение термальных участков на Верхне-Гейзерном ТП показано на рис. 3. Распределение ртути в минеральных осадках на отдельных участках Верхне-Гейзерного поля приведены на рис. 4а. Наиболее высокие содержания ртути отмечаются в образцах, отобранных на участках «Большая фумарола» и «Лагерный». Весьма высокое содержание Hg в осадке аморфной серы (сульфурите) в истоках ручья Горячего и расположенного рядом участка «Термальное болото», площадка Верхняя. На рис. 4б пока-

зано распределение ртути по типам осадков в кратере вулкана Старый Кихпиныч. Наибольший разброс значений в содержании ртути в этом кратере наблюдается для желе-



**Рис. 3.** КДВЦ со стороны р. Гейзерной (фото Белоусова В.И., июнь 1967 г.). I – сопка Желтая, II – конус Савича, III – гора Пик, IV – сопка Безымянная. Названия термальных полей см. на рис.1. Участки Верхне-Гейзерного термального поля: а – ручей Кровавый, б – Малышка, в – Большая фумарола, г – Лагерный, д-е – Термальное болото

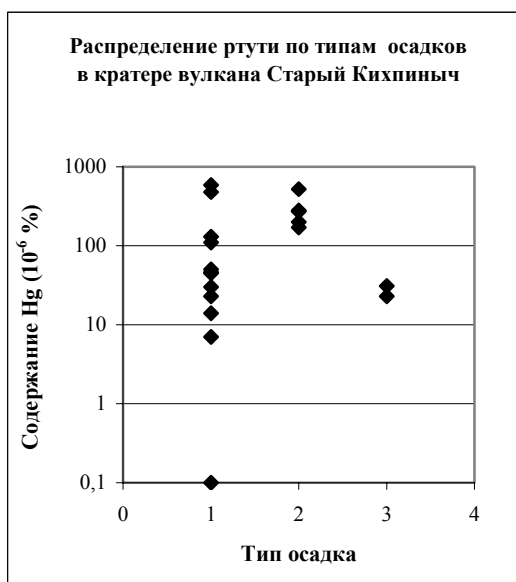
(д – нижняя площадка, е - верхняя), ж – исток ручья Горячего (виден столб пара), з-и - ручей Теплый (з – северная площадка, и – южная), к – ручей Подъемный.



**Рис. 4а.** Распределение ртути на участках Верхне-Гейзерного термального поля. Участки: 1 – ручей Кровавый; 2 – Малышка; 3 – Большая фумарола; 4 – Лагерный; 5 – Термальное болото, площадка Нижняя; 6 – Термальное болото, площадка Верхняя; 7 – ручей Горячий; 8 – ручей Теплый, площадка Северная; 9 – ручей Теплый, площадка Южная; 10 – ручей Подъемный.

зистых осадков. На рис. 4в показано распределение ртути в хемогенных осадках и глинах грязевых котлов в Долине Гейзеров. Наибольший разброс значений отмечается для кремнистых осадков (три порядка).

Диаграммы распределения ртути по отдельным типам осадков в районе КДВЦ приведены на рис. 5а-г. Для нескольких карбонатных осадков (рис. 5а) содержание Hg ниже чувствительности метода ( $<0.2 \cdot 10^{-6} \%$ ). На Травертиновом поле это образцы, ото-



**Рис. 4б.** Ртуть в хомогенных осадках различных типов: 1 – железистые; 2 – глиноземистые; 0 – карбонатные



**Рис. 4в.** Ртуть в термальных глинах и осадках Долины Гейзеров: 1 – кремнистые; 2 – глины; 3 – карбонатные

бранные в шурфах ниже уровня грунтовых вод. В Долине Гейзеров образец взят вблизи головки грифона источника Аверий, который находился на момент отбора образца в русле ручья Водопадный. Самое высокое содержание ртути в образце, отобранном чуть выше уреза воды, в ~ 50 м выше по течению от впадения ручья Второго в р. Шумную. В кальцитовой жиле, обнажающейся в борту ручья Извилистого у южного подножия сопки Ближней, самое низкое содержание ртути ( $5 \cdot 10^{-6}$  %). В карбонатных осадках Верхне-Гейзерного поля содержание ртути в светлых карбонатах на порядок ниже, чем в темных, с гидроокислами марганца. Это пример сорбции Hg метаколлоидными Mn осадками. Карбонатные осадки, отобранные на Восточном поле, представлены арагонитом, все остальные – кальцитом.



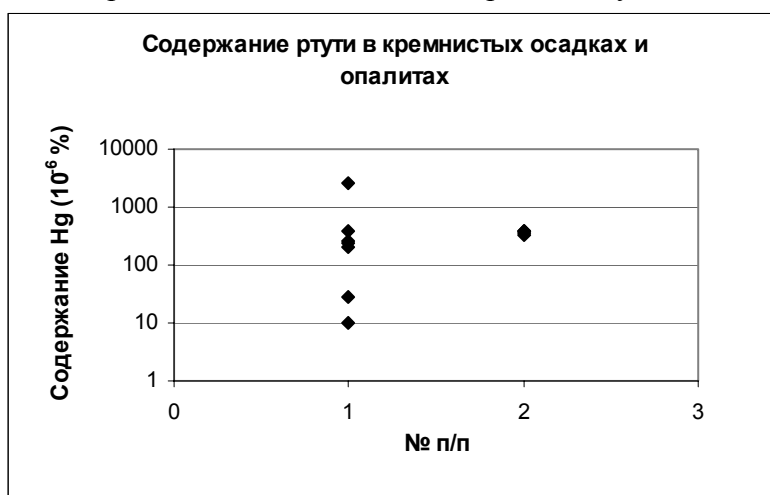
**Рис. 5а.** Распределение ртути в карбонатных осадках КДВЦ: 1 – ТП 2; 2 – ТП 7; 3 – ТП 22; 4 – ТП 23; 5 – ТП 24; 6 – ТП 19 (жила) Название и расположение ТП см. на рис. 1.



**Рис. 5б.** Распределение ртути в железистых осадках на термальных полях КДВЦ: 1 – ТП 1 (5); 2 – ТП 3 (2); 3 – ТП 4 (1); 4 – ТП 8 (4); 5 – ТП 10 (3); 6 – ТП 12 (1); 7 – ТП 21 (7); 8 – ТП 22 (3). Местоположение термальных полей см. на рис. 1. Цифра в скобках – количество образцов, в которых определялась ртуть.

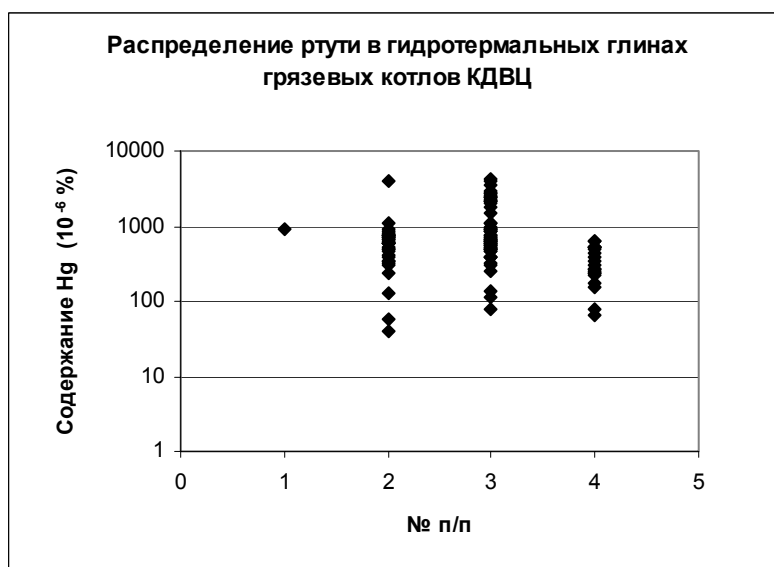
Распределение ртути в свежих железистых осадках на термальных полях КДВЦ показано на рис. 5б. Большинство значений находится в интервале  $10\text{-}100 \cdot 10^{-6} \%$ . На Верхне-Гейзерном поле низкое содержание ртути ( $5 \cdot 10^{-6} \%$ ) было в сидерогеле из холодного источника на участке «ручей Кровавый». Наиболее высокие значения на устьях кипящих источников на участке Малышка (см. рис. 3) – в образце гидрогетита ( $1250 \cdot 10^{-6} \%$ ) и  $1400 \cdot 10^{-6} \%$  в образце, состоящем из гидрогетита и гидроярозита. Образец с содержанием ртути  $< 0.2 \cdot 10^{-6} \%$  относится к старой корочке гидрогетита на обломке базальта с Сопки Ближней (Южное поле, СК).

На рис. 5в видно, что в кремнистых осадках Долины Гейзеров разброс в содержании ртути достигает трех порядков. Наибольшее содержание Hg ( $2600 \cdot 10^{-6} \%$ ) обнаружено в образце гейзерита (гейзер Жемчужный), наименьшее - в кремнистом осадке гейзера Коварный ( $10 \cdot 10^{-6} \%$ ). Различия в содержании ртути в образцах опалитов, отобранных в разных концах ЮКТП и на разной глубине, минимальны.



**Рис. 5в.** Распределение ртути: 1 - в гейзеритах и кремнистых осадках источников Долины Гейзеров (7); 2 - в опалитах ЮКТП (4). Цифры в скобках – количество исследованных на содержание ртути образцов

В гидротермальных глинах грязевых котлов довольно высокое содержание ртути (рис. 5г), хотя разница между крайними значениями может достигать трех порядков, как в глинах Верхне-Гейзерного поля. Наиболее высокие содержания ртути наблюдаются в тех котлах, где присутствует сера и пирит. В табл. 2 показаны пределы содержания ртути в глинах грязевых котлов, а также средние содержания ртути по отдельным полям. Наиболее высокое среднее содержание ртути в глинах Верхне-Гейзерного поля ( $1040 \cdot 10^{-6} \%$ ).



**Рис. 5г.** Распределение ртути в гидротермальных глинах грязевых котлов на термальных полях КДВЦ: 1 – Долина Смерти; 2 – Южно-Кихпиньчское; 3 - Верхне-Гейзерное; 4 – Долина Гейзеров.

**Таблица 2.** Ртуть в гидротермальных глинах котлов КДВЦ ( $10^{-6}$  %)

№ поля	Термальные поля	Количество образцов	От	До	$X_{cp}$
16	Долина смерти	1	910		
18	Южно-Кихпиничское	34	41	4000	659
22	Верхнен-Гейзерное	60	80	4200	1168
23	Долина Гейзеров	22	65	640	348

В некоторых типах хемогенных осадков КДВЦ содержание ртути почти такое же высокое, как в минеральных осадках кальдеры Узон [1] (до  $42 \cdot 10^{-4}$  %, см. табл. 1, рис. 5в и др.). На Верхне-Гейзерном поле на площадке Северной участка Ручей Теплый в осадке со дна одной из «сковородок» был обнаружен обломок кристалла киновари (~ 2 мм). Киноварь подтверждена рентгеновским анализом. Но в измененной породе (керолите), окружающей «сковородку», содержание ртути всего  $5 \cdot 10^{-6}$  %.

### Обсуждение результатов

Ртуть не имеет четкой приуроченности ни к кислым, ни к основным магмам, поскольку ее содержания в этих породах близки. Среднее содержание Hg ( $10^{-6}$  %) в кислых породах докальдерного этапа Узон-Гейзерной депрессии равно 4.1, в основных – 4.6, в кислых породах посткальдерного этапа - 1.9 [13, 16]. Высокий потенциал ионизации Hg определяет многие ее химические особенности и является одним из факторов, играющих наиболее важную роль в ее геохимии. Как халькофильный элемент ртуть накапливается одновременно с серой. Именно этим можно объяснить ее высокое содержание в серных котлах и хемогенных серных осадках (часто с кремнеземом или пиритом).

Работами многих ученых подтверждено, что минералы гидротермальных месторождений всегда содержат повышенные количества ртути. Ртуть в минералах находится в двух формах: 1) она может изоморфно входить в кристаллическую решетку сульфидов Cu, Zn, Fe и др., с другой стороны она может присутствовать в форме механических примесей киновари к другим минералам, например, реальгару [15]. Повышенные содержания ртути в глинистых породах объясняются, по экспериментальным данным, сорбцией из раствора. Именно сорбцией можно объяснить высокое содержание Hg в глинах и в большинстве хемогенных осадков КДВЦ.

Многие исследователи считают, что миграция рудных компонентов (Hg, Sb и др.) обязана своей миграцией углекислым растворам, в то время, как осаждающим фактором служит локальная концентрация  $H_2S$  [5, 18 и др.].

В пределах Курило-Камчатского вулканического пояса наиболее контрастные ртутные аномалии и все рудопроявления ртути в пределах современных гидротермальных систем приурочены к зонам вторичной конденсации парогазовой фазы, обогащенной Hg,  $H_2S$  и другими летучими компонентами [16]. Формирование парогазовой фазы происходит в результате вскипания перегретых гидротермальных растворов. Уровень вскипания гидротерм является геохимическим барьером, на котором происходит сепарация летучих и труднолетучих компонентов растворов. Механизм фазовой дифференциации обеспечивает разделение путей миграции Hg и Cu, Zn, Pb и др. Отсутствие корреляции Hg и Cu, Zn, Pb может являться одним из генетических признаков [16] для ртутных месторождений и рудопроявлений, образовавшихся в зонах вторичной конденсации паровой фазы. Отсутствие корреляции в содержании этих компонентов в наших образцах свидетельствует в пользу зоны вторичной конденсации паровой фазы.

В недрах гидротермальных систем при  $T > 200$  °C и парциальных давлениях  $H_2S$ , характерных для гидротерм гидротермальных систем типа Паужетской и Северо - Мутновской, происходит отгонка Hg с ее накоплением в верхних (и периферических) относительно низкотемпературных ( $T < 200$ °C) зонах [17]. В недрах этих систем [16] основ-



ной формой переноса Hg является растворенная атомарная ртуть  $Hg^0$  (раствор). В приповерхностной зоне вторичной конденсации, обогащенной  $H_2S$ , перенос возможен как в атомарной, так и в гидросульфидной формах.

На основании физико-химических расчетов доказано [12], что за перенос ртути в современных термальных источниках ответственны атомарная форма  $Hg^0_{aq}$ , роль которой возрастает с повышением температуры, и комплекс  $HgSHS^-$  в сероводородных водах при температурах ниже  $200^\circ C$ . Основными факторами отложения киновари из вод является их охлаждение и понижение концентрации сульфидной серы.

По данным Уайта Д.Э. [19] при отсутствии жидкой воды во флюиде возможен перенос Hg в форме соединения  $HgCl_2$  наряду с  $H_2S$ , однако наличие воды приводит к немедленному осаждению  $HgS$ . Находка киновари на ВГ термальном поле была сделана на устье того же источника, что и самородный алюминий, имеющий газоконденсатное происхождение [8]. (В отдельные годы источник превращался в парогазовый выход). Самородный Al по данным [11] может выделяться из сильно восстановительного флюида, содержащего хлориды алюминия  $AlCl_3$ . В подобных условиях, вероятно, возможен перенос ртути в форме  $HgCl_2$ . Находка достаточно крупного кристалла киновари в таких специфических условиях, возможно, свидетельствует о существовании на некоторой глубине ртутного рудопроявления.

### Заключение

Практически на всех термальных полях КДВЦ содержание ртути на 1-3 порядка выше, по сравнению с неизменными породами района. Высокие содержания ртути в хемогенных осадках и гидротермальных глинах позволяют выделить, кроме Долины Гейзеров, еще два термальных поля, где происходит поступление флюида с глубины: Верхне-Гейзерное и Южно-Кихпиничское. Наиболее высокие содержания Hg наблюдаются в гидротермальных глинах котлов именно этих термальных полей. Ртутные аномалии совпадают на ВГ и ЮКТП с аномальными содержаниями U и Th. На ЮКТП аномалии Hg совпадают с аномалиями по Rn. На этом же поле высокое содержание в газах  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2S$ .

На Верхне-Гейзерном термальном поле наиболее высокие содержания Hg во всех типах минеральных осадков отмечаются в радиусе 50-100 м от fumarола Большой ( $T = 110^\circ C$ , устное сообщение Леонова В.Л.). В железистых осадках ВГ наиболее высокие содержания Hg фиксируются в гидрогетитах, иногда с ярозитом, на устьях кипящих источников ( $1260-1400 \cdot 10^{-6} \%$ ). Высокое содержание ртути отмечено в гейзерите гейзера Жемчужный ( $2600 \cdot 10^{-6} \%$ ), такое же оно в кальците ТП 24 (см. рис. 1).

В районе КДВЦ выделяются две фазы осаждения ртути, разделенные во времени. Более ранняя генерация представлена крупными кристаллами киновари (ВГ), современное осаждение ртути происходит в результате сорбции минеральными глинами и хемогенными осадками, часто метакolloидными.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамчук Ю.В., Карпов Г.А., Максимовский В.А., Петрова Н.А. Содержание урана, тория и сопутствующих элементов (Pb, As, Hg, Bi, Rb, Sr) в породах и минеральных осадках действующей гидротермальной системы кальдеры Узон на Камчатке. М: Изд-во ЦНИИ атоминформ, 1986. 37 с.
2. Брайцева О.А., Флоренский И.В., Волинец О.Н. Вулкан Кихпинич // Действующие вулканы Камчатки. Т. 2. М.: Наука, 1991. С. 72-91.
3. Брайцева О.А., Флоренский И.В., Пономарева В.В. и др. История активности вулкана Кихпинич в голоцене // Вулканология и сейсмология. 1985. № 6. С. 3-19.
4. Белоусов В.И. Геология гидротермальных полей в областях современного вулканизма. М.: Наука, 1978. 137 с.

5. *Иванов В.В.* Экологическая геохимия элементов. Справочник. Кн. 5 / Под ред. Буренкова Э.К. М.: Недра, 1997. 576 с.
6. *Карданова О.Ф.* Состав вод и хемогенные осадки в источниках Ключа Кислый (вулкан Кихпиньч, Камчатка) // *Вулканология и сейсмология*. 1983. № 6. С. 64-75.
7. *Карданова О.Ф., Карпов Г.А.* Условия образования и типы парагенетических ассоциаций глиноземистых осадков Кихпиньчского долгоживущего вулканического центра (Камчатка) // *Вулканология и сейсмология*. 2000. № 3. С. 15-34.
8. *Карданова О.Ф., Филоsoфова Т.М.* Самородный алюминий в осадках из вод Верхне-Гейзерного поля вулкана Кихпиньч // *Современное вулканогенно-гидротермальное минералорудообразование. Материалы первой сессии Камчатского отделения ВМО, Петропавловск-Камчатский, 1989. Часть II. Владивосток. 1992. С. 19-31.*
9. *Леонов В.Л., Гриб Е.Н.* Структурные позиции и вулканизм четвертичных кальдер Камчатки. Владивосток: Дальнаука, 2004. 189 с.
10. *Леонов В.Л., Гриб Е.Н., Карпов Г.А. и др.* Кальдера Узон и Долина Гейзеров // *Действующие вулканы Камчатки. Т. 2. М.: Наука, 1991. С. 92-141.*
11. *Никольский Н.С.* Флюидный режим эндогенного минералообразования. М.: Наука, 1987. 198 с.
12. *Оболенский А.А., Гущина Л.В., Борисенко А.С.* Физико-химические модели рудообразования на ртутных месторождениях // *Геология и геофизика*, 2006, № 12, С. 1344-1359.
13. *Озерова Н.А.* Ртуть и эндогенное рудообразование. М.: Наука, 1986. 232 с.
14. *Перельман А.Н.* Геохимия, М.: Высшая школа, 1989
15. *Сауков А.А.* Геохимия. М.: Наука, 1975. 480 с.
16. *Трухин Ю.П., Степанов И.И., Шувалов Р.А.* Ртуть в современном гидротермальном процессе. М.: Наука, 1986. 199 с.
17. *Трухин Ю.П., Непомнящая Н.Я.* РтутOMETрическая съемка // *Геотермические и геохимические исследования высокотемпературных гидротерм. М.: Наука, 1986. С. 109-126.*
18. *Тугаринов А.Н.* Общая геохимия. М.: Атомиздат, 1973. 288 с.
19. *Уайт Д.Э.* Месторождения ртути и цветных металлов, связанные с термальными источниками / *Геохимия гидротермальных рудных месторождений. М.: Мир, 1970. С.479-528.*
20. *Шанцер А.Е.* Некоторые особенности эволюции тектоно-магматических структур Камчатки в зависимости от ее блокового строения и движения блоков в позднем кайнозое // *Бюл. вулканол. станций. 1979. № 57. С. 53-65.*

## **HG IN MINERAL SEDIMENTS AND THERMAL CLAYS FROM MUD POOLS AT THE LONG-LIVED KIKHPINYCH VOLCANIC CENTER**

**O.F. Kardanova**

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

Analysis of mercury content in mineral sediment from the long-lived Kikhpinych volcanic center allows distinguishing the most active zones with high temperatures at depth. Along with the Geyser Valley, such zones include Verkhne-Geisernoye and Yuzhno-Kikhpinychskoye thermal fields. The highest mercury contents have been reported in sulfur pools (often with pyrite and kaolinite), in sulfur and siliceous-sulfur sediments of the springs, and in geysers of big geysers.