

УДК 551.23

**КАРБОНАТНЫЕ ОСАДКИ КИХПИНЫЧСКОГО ДОЛГОЖИВУЩЕГО  
ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (КДВЦ)****Карданова О.Ф., Карташова Е.В., Сергеева С.В.***Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,**Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: kof@kscnet.ru***Аннотация**

Карбонатные осадки в районе Кихпинычского долгоживущего вулканического центра осаждаются на семи термальных полях. Состав вод, их которых осаждаются карбонаты, весьма разнообразен. Выделяются четыре ассоциации этих осадков: 1 – карбонатные осадки на устье источника и далее по руслу водотока; 2 – на устье осаждаются сидерогель, далее, на некотором расстоянии от устья – карбонаты; 3 – карбонаты с высоким содержанием Mn (до 13%), часто отдельные слои кальцита отделяются тонкими слоями марганцовистых осадков; 4 – из расположенных рядом источников с близким составом вод (Cl-Na с небольшим содержанием  $SO_4$  и  $HCO_3$ ) осаждаются разные осадки, в одном – карбонатные, в другом – кремнистые.

**Введение**

Изучение современных хемогенных осадков в районе Кихпинычского долгоживущего вулканического центра (КДВЦ) показало их большое разнообразие. Это железистые осадки (из кислых и субщелочных вод), карбонатные, марганцовистые, кремнистые (из кислых и щелочных вод), глиноземистые и серные осадки. В данной статье рассматриваются: распространение карбонатных осадков в районе исследования, их состав и условия образования. Карбонаты по распространенности занимают третье место после кремнистых (гейзериты) и железистых осадков. Первые упоминания о железистых и карбонатных осадках в этом районе есть у В.Л. Комарова [7]. В работе С.И. Набоко [8] приведен состав карбоната у источника Аверий (ручей Водопадный, Долина Гейзеров) и карбонаты с высоким содержанием Mn (Верхне-Гейзерное поле). Некоторые данные по карбонатным осадкам приведены в статье одного из авторов [6].

**Характеристика района и объектов исследования**

Впервые Кихпинычский долгоживущий вулканический центр (КДВЦ), расположенный в северной части Восточно-Камчатского вулканического пояса, был выделен В.И. Белоусовым [1]. Массив Кихпиныч включает несколько разнородных и разновозрастных сооружений. Вулкан Старый Кихпиныч (гора Пик) датируется средним – верхним плейстоценом (23–40 тысяч лет, [2]). Постройка вулкана Старый Кихпиныч служит основанием для двух голоценовых базальтовых конусов Молодого Кихпиныча и для расположенного несколько южнее дацитового вулкана Сопка Желтая (конец позднего плейстоцена). Вулкан Молодой Кихпиныч состоит из конуса Западный (4,8 тыс. лет) и конуса Савича, возникшего около 1,4 тыс. лет назад, последнее извержение которого было 400–540 лет назад [2, 3]. Эти конуса возникли после длительного (десятки тысяч лет) перерыва в вулканической деятельности вулкана Старый Кихпиныч.

В районе КДВЦ карбонатные осадки из термальных вод встречаются на нескольких термальных полях (ТП) (рис. 1). Два из них расположены в кратере вулкана Старый Ких-

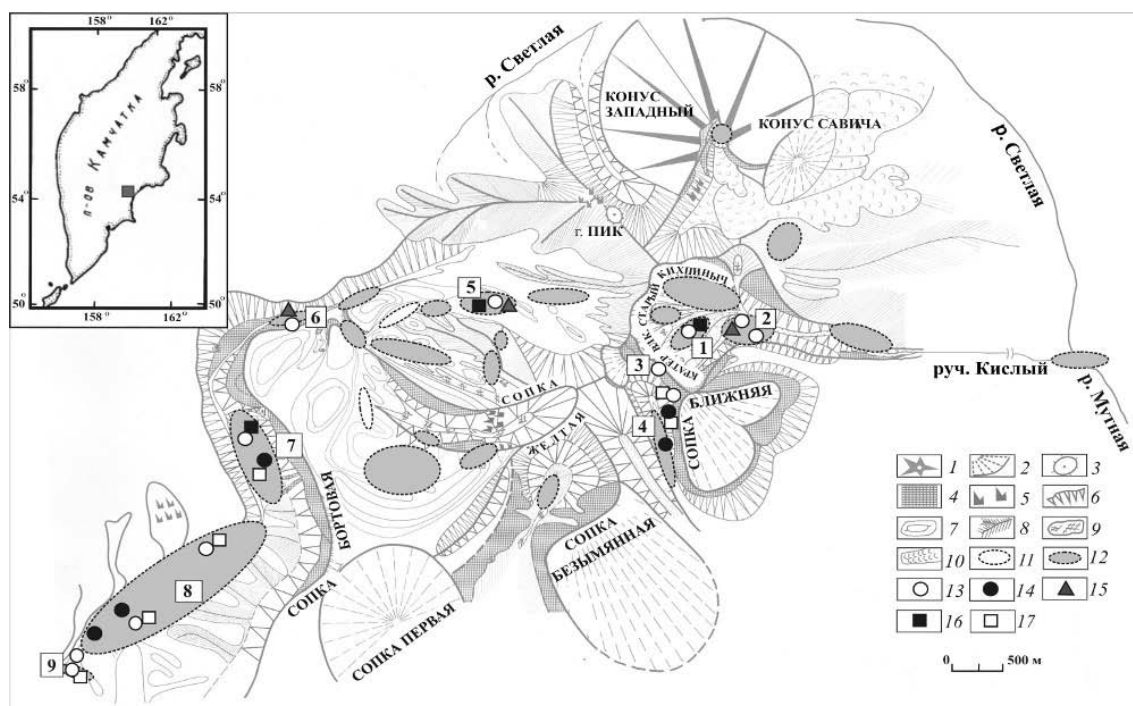


Рис. 1. Схематическая карта расположения термальных полей КДВЦ, на которых в хемогенных осадках из вод обнаружены карбонаты. *Условные обозначения:* 1 – лавовые конусы; 2 – лаво-пирокластические конусы; 3 – вершины; 4 – отвесные склоны; 5 – отдельные скалы; 6 – крутые склоны; 7 – горизонтали; 8 – водоразделы; 9 – снежники; 10 – лавовые потоки; 11 – границы полей с холодными источниками; 12 – термальные поля (цифра – номер поля); 13-17 – тип осадка (13 – карбонатные, 14 – карбонатные жилы, 15 – железистые, 16 – марганцовистые, 17 – кремнистые). *Термальные поля:* 1-2 – кратер вулкана Старый Кихпинич (1 – Южное, 2 – Восточное); 3 – перевал Южный (у сопки Близняя); 4 – источники в верховьях ручья Извилистый; 5 – Травертиновое; 6 – «Колорадо»; 7 – Верхне-Гейзерное; 8 – Долина Гейзеров; 9 – ручей Второй (в ~ 0,5 км от гейзера Первенец вниз по реке Шумная). На врезке показано расположение района исследований.

пинич (рис. 2): **ТП 1** – Южное поле (ЮП СК) и **ТП 2** – Восточное (ВП СК). На **ТП 1** карбонатные осадки осаждались на устье небольшого источника, площадь, занимаемая осадком ~ 1 м<sup>2</sup>. На ВП СК два источника (см. рис. 2). На устье источника Карбонатный  $t = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Русло этого источника часто мигрировало, о чем свидетельствует наличие более 10 старых сухих русел. Длина некоторых из них была более 100 м, ширина – 0,5–1,0 м, мощность в среднем – 3–5 см. Карбонатное ложе двух водотоков этого источника (ручей Восточный и ручей Западный), в 1980–1982 гг. заканчивалось в нескольких метрах от русла ручья Кислового. На устье источника Арагонитовый  $t = 36\text{--}38\text{ }^{\circ}\text{C}$ , там, где начинается осаждение арагонита,  $t \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В воде этого источника содержание Sr (мг/л): 0,94 – на устье и 0,83 – в 15 м от предыдущей точки (начало осаждения арагонита). Упоминаний об этих источниках в литературе не найдено. Оползень, сошедший между 1982 и 1997 гг., уничтожил это поле (рис. 3). Источник Карбонатный к 1997 г. пробил себе дорогу, хотя его дебит существенно уменьшился. Вблизи устья источника отмечался маломощный (1–2 мм) карбонатный осадок. В различных участках реки Гейзерной (см. рис. 1) находятся еще четыре **ТП**. **Первое** из них расположено между г. Пик и сопкой Желтой, вверх по склону к

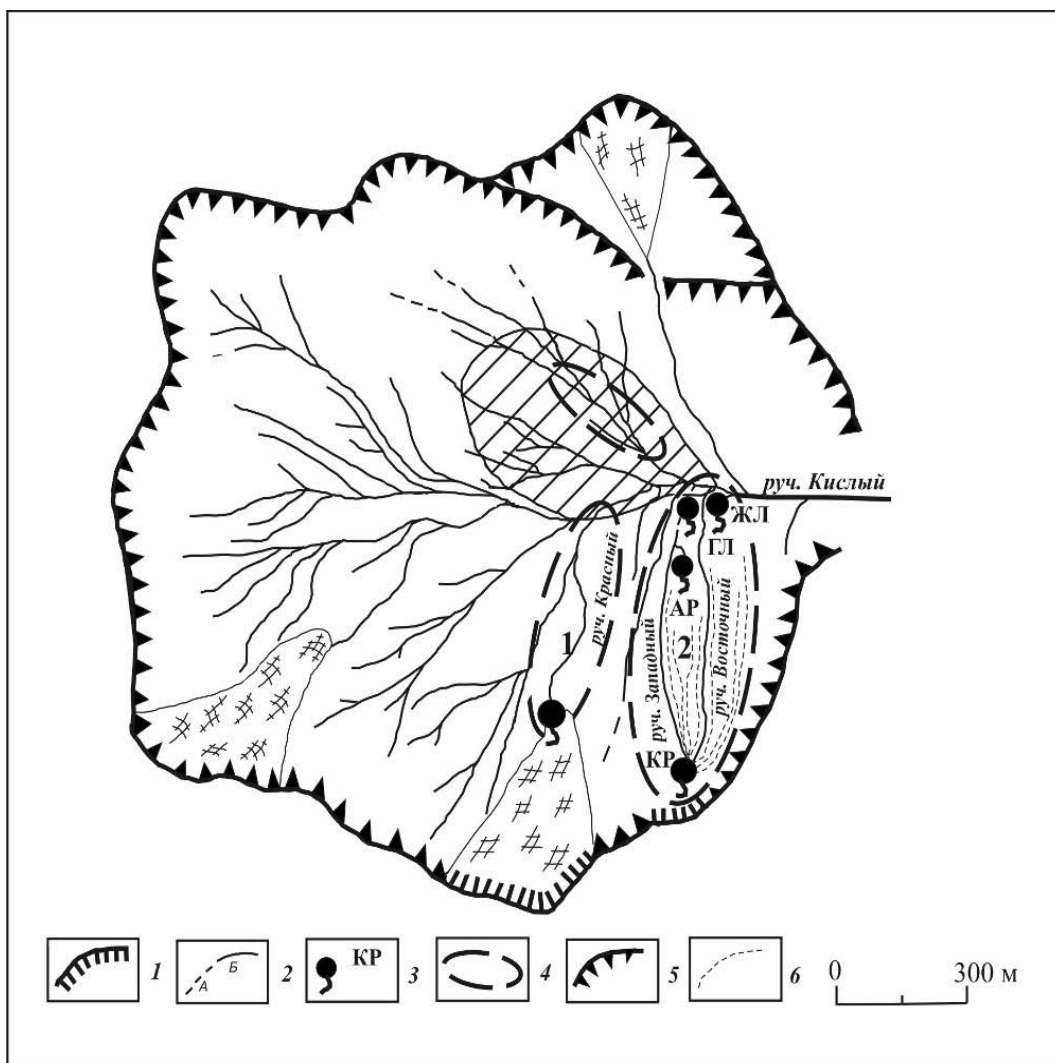


Рис. 2. Схема расположения источников и термальных полей в кратере вулкана Старый Кихпиныч. Условные обозначения: 1 – отвесные склоны; 2 – водотоки: а – временные, б – постоянные; 3 – источники (КР – Карбонатный, АР – Арагонитовый, ГЛ – Глиноземистый, ЖЛ – Железистый); 4 – контуры термальных полей (1 – Южное, 2 – Восточное); 5 – крутые склоны; 6 – карбонатные осадки по старым сухим руслам источников. Штриховка – материал обрушения 1982 года.

западному перевалу в кратер вулкана Старый Кихпиныч. Это Травертиновое поле (**ТП 5**), источники которого образуют ручей, являющийся одним из истоков ручья Желтого (Третьего). Последний является одним из пяти ручьев, дающих начало реке Гейзерной. Упоминание о железистых и карбонатных осадках находим у В.Л. Комарова [7]. Эти осадки видел В.П. Савич по дороге на северный конус вулкана Кихпиныч, который был назван его именем. На этом поле на устьях четырех источников ( $t = 21\text{--}29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) осаждается сидерогель, который по ходу водотоков сменяется карбонатными осадками. Это большой травертиновый щит, существующий длительное время. Размеры щита  $\sim 50\text{--}60 \times 200$  м и мощность более 1 м. Скорость осаждения карбоната мала, это показал эксперимент по его осаждению на стеклах обрастания. В травертинах **ТП 5** был обнаружен редкий для Камчатки фосфат-

ный минерал – вивианит  $\text{Fe}_3^{2+}(\text{PO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . В центральной части поля на глубине 40–50 см в нескольких шурфах был встречен пепел (частицы до 2–3 мм), мощность слоя 2–5 см. **Второе** поле расположено ниже слияния ручья Прозрачного с остальными ручьями, образующими речку Гейзерную. В северном борту, на высоте ~ 5 м, находится источник с  $t = 29^\circ\text{C}$  (1982 г.), осаждающий гидроокислы железа (**ТП 6**). В ~ 1 м над урезом реки, в местах растека воды источника, на камнях осаждается карбонатный осадок. Выше водопада Трехкаскадный находится **третье**



Рис. 3. Вид на Восточное термальное поле с северной кромки кратера вулкана Старый Кихпиньч (фото Леонова В.Л., 1990). Виден оползень, перекрывший все Восточное поле. Примечание: КР – исток ручья Карбонатного, АР – исток ручья Арагонитового.

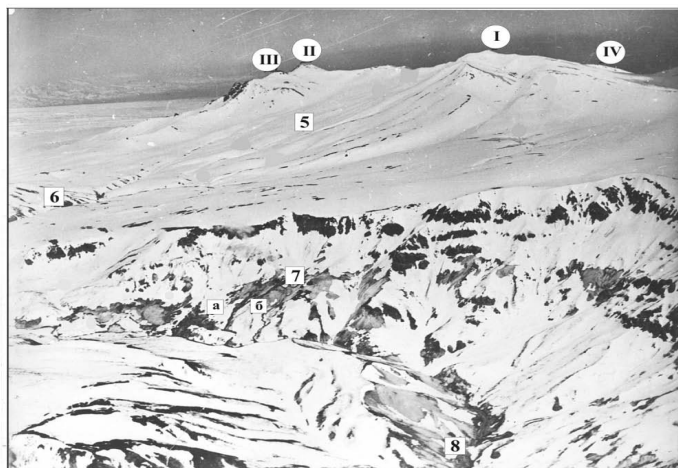


Рис. 4. КДВЦ со стороны реки Гейзерной (фото Белоусова В.И., июнь 1967 г.). I – сопка Желтая; II – конус Савича; III – гора Пик; IV – сопка Безымянная. Нумерация согласно рис. 1. Участки Верхне-Гейзерного поля (**ТП 7**): а – Термальное болото, нижняя площадка; б – ручей Теплый, северный борт. Виден столб пара в истоке ручья Горячего.

да Трехкаскадный находится **третье поле** – Верхне-Гейзерное (**ТП 7**). На участке Термальное болото (рис. 4) было несколько небольших источников с  $t = 52\text{--}66^\circ\text{C}$ , на устьях которых осаждались карбонатные осадки, обогащенные Mn (4–13 %) и имевшие концентрически-скорлуповатую структуру. Мощность этих осадков 10 см и более. Часто отдельные концентрически-скорлуповатые слои разделяются тонкими марганцовистыми осадками (1–2 мм), которые представлены родонитом, родохрозитом, криптомеланом и хантитом. **Четвертое** поле (**ТП 8**) находилось в Долине Гейзеров, в среднем течении ручья Водопадный у источника Аверий (Моторчик). Грифон источника Аверий в 1978–1982 гг. был в русле ручья Водопадный и поднимался над водой на ~15–25 см. Карбонатная плита имела в 1978 г. площадь ~ 23 × 3–5 м, её южная часть уходила под воду. Видимая мощность плиты была более 1 м. К 1986 г., после тайфуна «Эльза» (4–6 октября 1981 г.) и землетрясения 17 августа 1983 г., морфология карбонатной плиты сильно изменилась. К 1997 г. произошли новые морфологические изменения этой плиты. Как известно, мощный оползень 3 июня 2007 г. полностью уничтожил ручей Водопадный. Карбонаты были встречены на ручье Втором и вблизи его впадения в р. Шумную (**ТП 9**). Это поле состоит из двух участков. Один из них обнаружен на урезе реки, под крутым склоном (в ~ 400 м

ниже гейзера Первенец и в ~ 50 м от устья ручья Второго вверх по течению), второе – в ~100 м вверх по ручью Второму. На высоте ~ 4–5 м, в нескольких метрах от водопада (рис. 5), в северном борту ручья в 1978 году находился термальный источник 391, имевший кальцитовый «плащ» площадью ~ 5 м<sup>2</sup>. В 1982 г. он оказался перекрыт небольшим обрушением. Из воды источника 1038, находящегося несколько восточнее, ближе к водопаду, осаждались кремнистые осадки.

Карбонатные осадки в большом количестве были встречены в районе сопки Ближней на глыбах и обломках базальта в верховьях ручья Извилистого (П 4). На южном перевале (П 3), был найден крупный ромбоэдрический кристалл кальцита.

Морфология карбонатов во многом связана с их структурными особенностями и условиями образования [5]. Наибольшее разнообразие морфологических форм кальцита было отмечено на ТП 8 для карбонатной плиты у источника Аверий. Это – шестоватые кристаллы и шаровидные агрегаты скрытокристаллического кальцита, песчанистый кальцит, конкреционный кальцит с зонально-концентрическим строением конкреций, имеющих радиальнолучистую структуру, и др. Для источников характерны также корки известкового туфа, покрывающие окружающие породы, как это имеет место на ТП 6 и ТП 7. Арагонит на ТП 2 имел натечную пузыристую структуру.

Ведущие карбонатные минералы, установленные в исследуемых осадках на ТП КДВЦ – это кальцит (CaCO<sub>3</sub>, триг.) и арагонит (CaCO<sub>3</sub>, ромб.). На всех упомянутых ТП встречается первый из них, второй – на ВП СК. Взаимоконтролирующими методами подтверждены следующие карбонаты: сидерит FeCO<sub>3</sub>, родохрозит MnCO<sub>3</sub>, хантит CaMg<sub>3</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, гидромагнезит Mg<sub>5</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O, скарброит Al<sub>5</sub>(OH)<sub>13</sub>(CO<sub>3</sub>) · 5H<sub>2</sub>O, манганокальцит (Mn, Ca)CO<sub>3</sub>. Химический состав карбонатных осадков приведен в табл. 1 и 2.

На ТП 2 вода гидрокарбонатно-сульфатная, формулы химического состава вод в ручьях Карбонатном (1) и Арагонитовом (2) различаются, хотя и незначительно:

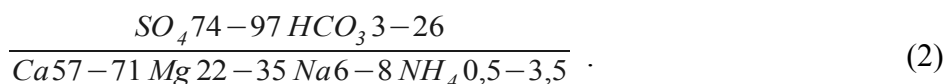
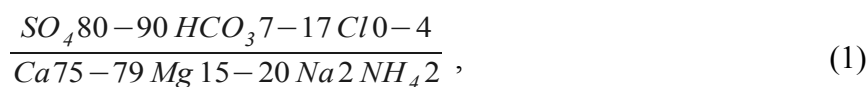


Рис. 5. Источники на ТП 9 (фото Леонова В.Л.). Точка 391 – устье источника с карбонатными осадками, точка 1038 – устье источника с кремнистыми осадками.

Таблица 1. Химический состав травертинов КДВЦ

ТП	Восточное поле (ТП 2)			Травертиновое			Верхне – Гейзерное			ДГ
	АР	КР		ТП 5			ТП 7 а			
№ обр.	756а	821	821а	579а	585а	586д	79	79/1	П37*	И-31*
SiO <sub>2</sub>	8,92	0,08	1,20	0,12	0,78	11,72	<	0,12	9,76	0,15
TiO <sub>2</sub>	0,25	<	<	<	<	0,13	<	0,04	0,25	<
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,32	0,21	0,23	<	0,43	2,26	<	<	3,69	<
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,54	<	1,01	0,69	1,22	8,85	0,39	0,24	3,07	0,12
FeO	<	<	<	<	<	<	<	0,17	0,08	0,10
MnO	0,44	0,02	0,03	0,54	1,20	1,77	13,00	4,20	7,40	0,10
MgO	1,04	<	0,90	0,50	0,35	1,30	3,38	5,10	0,48	0,08
CaO	41,12	52,85	52,15	52,82	50,92	36,71	46,68	47,60	38,86	55,52
Na <sub>2</sub> O	0,72	0,42	0,38	0,32	0,37	0,54	0,38	0,21	0,30	0,40
K <sub>2</sub> O	0,24	0,30	0,24	0,12	0,12	0,24	0,13	0,08	0,15	0,22
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	2,56	2,52	3,76	0,18	0,41	2,32	0,26	0,40	1,63	0,06
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4,09			0,93	1,06	4,23	1,20	0,46	2,45	0,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	<	<	0,09	0,15	0,46	0,50	0,11	<	<
CO <sub>2</sub>	32,20	38,41	40,21	43,80	43,30	30,00	33,00	40,38	33,45	43,70
SO <sub>3</sub>	<	5,52	<	<	<	<	1,03	0,72	<	<
Сумма	99,56	100,36	100,11	100,1	100,34	100,53	99,95	99,83	99,57	100,48

Примечание. \* анализы по [8], остальные анализы выполнены в ИВ ДВО РАН.  
Аналитики: Осетрова Т.Г., Байцаева Л.Г.

На **ТП 5** (3) и **ТП 6** (4) преобладает HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, в отличие от вод **ТП 2**, где на его долю приходится менее 25 %:

$$\frac{HCO_3 53 - 89 SO_4 10 - 48}{Ca 49 - 90 Mg 5 - 20 Na 5 - 28 K 1 - 3} \quad (3)$$

$$\frac{HCO_3 53 - 61 SO_4 38 - 45 (Cl + F) 1}{Ca 42 - 54 Mg 27 - 34 Na 15 - 19 NH_4 2 - 3 K 2} \quad (4)$$

Формула химического состава воды на Верхне-Гейзерном поле (**ТП 7**) в тех источниках, из которых осаждаются карбонатные осадки, имеет следующий вид:

$$\frac{HCO_3 62 - 94 SO_4 6 - 36 Cl 1}{Ca 51 - 58 Mg 26 - 29 Na 13 - 18 K 2 - 4,5 Mn 0,5 - 1,5 NH_4 1} \quad (5)$$

На **ТП 8** на западном краю карбонатной плиты у источника Аверий в 1978 г. был колодец с горячей водой и небольшим грифоном на его дне. Формула химического состава этой воды следующая:

$$\frac{Cl 66 HCO_3 18 SO_4 1,5 F 0,5}{Na 85 Ca 10 K 3 Mg 2} \quad (6)$$

Формулы химического состава вод источников, осаждающих карбонатные осадки [проба 391 (7)] и кремнистые осадки [проба 1038 (8)] на **ТП 9**, имеют близкий состав, но все-таки небольшие отличия есть.

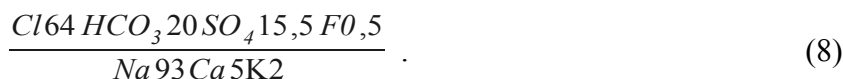
КАРБОНАТНЫЕ ОСАДКИ КИХПИНЫЧСКОГО ДОЛГОЖИВУЩЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (КДВЦ)

Таблица 2. Химический состав карбонатов, определенные рациональным методом.

№ поля	ТП 9			ТП 8				ТП 7а		
	№ обр.	391	618	<b>618 к</b>	346	378 е	378 м	417	79 Б	599
Н. ос.*	0,48	0,34	0,48	0,62	0,80	0,04	1,02	0,06	4,86	0,42
Р. неоп.**	3,81	3,35	3,16	3,80	4,72	2,66	2,49	4,24	10,94	4,63
CaO	53,77	54,13	53,77	53,03	53,40	54,13	53,91	46,03	42,35	43,09
MgO	0,51	0,79	0,49	0,28	0,69	0,77	0,40	3,22	0,47	3,18
MnO	<0,04	<0,04	0,25	0,90	0,18	0,04	0,23	5,22	4,04	7,92
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,40	<0,02	0,02	0,42	0,05	<0,02	0,03	0,11	0,27	0,25
CO <sub>2</sub>	41,39	41,39	41,83	40,95	40,16	42,36	41,92	40,82	37,07	40,51
Сумма	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

№ поля	ТП 5							
	№ обр.	572 а	<b>572 б</b>	<b>579 а</b>	<b>579 в</b>	583	584 б	585
Н. ос.*	0,72	0,44	1,94	2,02	0,40	0,20	0,76	
Р. неоп.**	6,46	5,65	3,99	4,59	5,42	5,45	4,80	
CaO	50,45	51,19	52,29	51,92	51,56	51,92	51,56	
MgO	1,03	0,72	0,76	0,49	0,92	0,92	1,15	
MnO	1,45	1,06	0,53	0,52	0,99	0,71	0,58	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,83	0,78	0,11	0,08	1,00	0,74	0,99	
CO <sub>2</sub>	39,06	40,16	40,38	40,38	39,68	39,98	40,16	
Сумма	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

Примечание. \* нерастворимый осадок, \*\* растворенные неопределенные компоненты. Верхне-Гейзерное ТП, участок Термальное болото, площадка Нижняя: обр. 79 Б, 599, 605 б – травертины на устьях источников; Долина Гейзеров (ТП 8): обр. 346 – обломки кальцита около устья гейзера Бурлящий, обр. 378 е и 378 м – ручей Водопадный, карбонатная плита у источника Аверий, обр. 417 – жильный кальцит вблизи впадения ручья Водопадного в р. Гейзерную; Травертиновое ТП: обр. 572 а и 572 б – травертины по руслу водотоков; травертины в шурфе (обр. 579 а – на глубине 5 см, обр. 579 в – на 40 см); обр. 583 – охристый травертин с глубины 20 см; обр. 584 б – с глубины 70 см; обр. 585 – охристый травертин с глубины 35 см. Аналитик: Попова В.П. (Ильменский заповедник, Миасс).



В воде (7), из которой осаждаются карбонаты, больше К и есть Mg, а в воде (8) присутствует фтор.

### Обсуждение результатов

По условиям образования выделяются четыре группы карбонатных осадков. **Первая группа** – кальциты, осаждающиеся сразу на устье источника и далее по ходу ручья. Это – ТП 2, источник Карбонатный (см. табл. 1); небольшой источник на ТП 1; источники на ТП 7 (см. табл. 1, 2) и ТП 9 (см. табл. 2). С карбонатным равновесием  $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \leftrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$  связано во многом поведение кальция [4]. Эта реакция распадается на

ряд равновесных состояний, начиная с диссоциации кальцита с образованием  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  и последующим образованием бикарбоната из различных карбонатных групп, присутствующих в водной и газовой фазах [ $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CO}_2(\text{газ})$  и  $\text{CO}_2(\text{H}_2\text{O})$ ]. Количество бикарбоната, которое может быть в растворе, в условиях равновесия зависит от содержания в системе растворенного  $\text{CO}_2$ . При высоком содержании в водах  $\text{CO}_2$  кальций находится в растворе, при низком же – выпадает в осадок в виде кальцита. **Вторая группа** – карбонаты, образующиеся на некотором удалении от истока ручья в связи с изменением отдельных параметров системы на геохимических барьерах (понижение температуры, удаление  $\text{CO}_2$  из системы, изменение pH, Eh, усиление перемешивания и др.). Осаждающимся на устьях источников сидерогелям на смену по ходу ручья приходят карбонатные осадки, это источник Арагонитовый (**ТП 2**) и источники **ТП 5, ТП 6**. Карбонатные осадки с высоким содержанием Mn относятся к **третьей группе**. Они встречаются на **ТП 5, ТП 7**. На этих полях именно тонкие слойки марганцовистых осадков часто разделяют отдельные карбонатные слои. На **ТП 5** карбонатные слои имеют разную окраску: белую, черную (обогащенную Mn), охристую (с  $\text{Fe}^{3+}$ ) или зеленоватую (с  $\text{Fe}^{2+}$ ). Известно, что возникновению зелей и гелей двуокиси марганца благоприятствует наличие карбоната кальция. В обычных условиях частицы золя двуокиси марганца несут отрицательный заряд; при большой концентрации частицы водной окиси железа адсорбируют частицы двуокиси марганца и удерживают их в растворе. Из смешанных зелей окиси железа и двуокиси марганца при коагуляции под действием электролитов сначала выпадает главная масса двуокиси марганца, затем оба окисла. К **четвертой группе** отнесены источники с близким гидрохимическим составом вод и расположенные недалеко друг от друга, но с разными типами осадков (карбонатные и кремнистые). Богатые  $\text{CO}_2$  гидротермальные растворы вызывают образование карбонатных осадков. Известно, что гидротермальный кальцит отлагается при  $\text{pH} \geq 6$ , кремнистые осадки – при  $\text{pH} \geq 8$ . Карбонаты образуются при высоком содержании в воде  $\text{CO}_2$  и Ca, если в воде уменьшается содержание  $\text{CO}_2$ , образуются кремнистые осадки. Вероятно, этим можно объяснить разный состав осадков (карбонатные и кремнистые) из близких по составу вод источников в бортах ручья Второго (**ТП 9**).

Система карбонаты – кремнезем в морских бассейнах играет роль  $\text{CO}_2$  – буфера. [5]. При повышении концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере (например, вулканические извержения) в осадках появляется больше карбонатов. При уменьшении содержания  $\text{CO}_2$  образование карбонатов замедляется, вместо них возникают минералы кремнезема. Можно предположить, что наличие мощных карбонатных плит и щитов может свидетельствовать о большей активности вулкана Кихпинич в недалеком прошлом.

### Заключение

В районе КДВЦ карбонатные осадки встречены на **ТП 1–2, 5–9** (см. рис. 1). В районе **3** и **4** полей много карбонатизированных пород и карбонатных жил. Воды, из которых осаждаются карбонаты, имеют весьма разнообразный состав (см. формулы химического состава вод 1–8). Можно выделить четыре группы парагенетических ассоциаций карбонатных осадков: 1 – кальцит осаждается на устье источника и далее по руслу; 2 – сидерогель, осаждающийся на устье источника, по ходу ручья сменяется карбонатным осадком (кальцитом или арагонитом); 3 – слои кальцита с высоким содержанием Mn (до 13 %), чередуются с тонкими слойками марганцовистых осадков; 4) источники, расположенные рядом и имеющие близкий состав вод, осаждают разные осадки: один – карбонатные (7), другой –



кремнистые (8). Подобное явление (смена карбонатных осадков кремнистыми) также характерно для многих жил КДВЦ.

### Список литературы

1. *Белоусов В.И.* Геология гидротермальных полей в областях современного вулканизма М.: Наука, 1978. 137 с.
2. *Брайцева О.А., Флоренский И.В., Вольнец О.Н.* Вулкан Кихпиныч // 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 Кихпиныч в голоцене // Вулканология и сейсмология. 1985. № 6. С. 3–19.
4. *Дегенес Э.* Геохимия осадочных образований. М.: Мир. 1967. 299 с.
5. *Годовиков А.А.* Минералогия. М.: Недра, 1975. 520 с.
6. *Карданова О.Ф.* Состав вод и хемогенные осадки в источниках Ключа Кислый (вулкан Кихпиныч, Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1983. № 6. С. 64–75.
7. *Комаров В.Л.* Путешествие по Камчатке в 1908–1909 гг. Петропавловск-Камчатский: Новая книга. 2008. 428 с.
8. *Набоко С.И.* Металлоносность современных гидротерм в областях тектономагматической активности. М.: Наука, 1980. 199 с.