

## Isotopic composition of fluid phase of the mud volcanoes (the Kerch Peninsula, Eastern Crimea)

Elena P. Kayukova

*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia  
epkayu@gmail.com*

The article focuses on study of the isotopic composition of the fluid phase of the mud volcanoes of the northeastern part of the Kerch Peninsula (Eastern Crimea). The Kerch peninsula is a part of the Kerch-Taman mud volcano province of the Pacific belt. It is a region of active tectonic processes. Two mud volcano fields are known in the north of the Kerch peninsula: Bulganak and Tarkhan. Isotopic investigations were conducted to determine the genesis of brine of mud volcanoes. The Kerch peninsula is the main hydromineral region of the Crimea; it contains vast deposits of curative mud, salt, mineral waters, small reserves of oil and gas.

**Keywords:** Eastern Crimea, fluid phase of the mud volcanoes, isotopic composition

## Изотопный состав жидкой фазы грязевых вулканов (Керченский полуостров, Восточный Крым)

Е.П. Каюкова

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

В настоящей работе представлены изотопные данные сопочных вод северо-восточной части Керченского полуострова, где располагаются Булганакские и Тарханские грязевые сопки. Керченский полуостров является основным гидроминеральным районом Крыма; здесь содержатся обширные залежи лечебной грязи, соли, минеральных вод, небольшие запасы нефти и газа. Это область активных тектонических процессов. Керченский полуостров является частью Керченско-Таманской грязевулканической провинции, которая входит в состав альпийской складчатой области Средиземноморского (Альпийско-Гималайского) подвижного пояса.

**Ключевые слова:** Восточный Крым, грязевые вулканы, изотопный состав

Керченский полуостров – основной гидроминеральный район Крыма. При сравнительно небольшой площади (всего около 2830 км<sup>2</sup>) на полуострове располагаются обширные залежи лечебной грязи, соли, рассолов; имеются многочисленные минеральные источники, известны проявления термальных вод, небольшие запасы нефти и газа. Потенциал его природных лечебных и рекреационных ресурсов чрезвычайно высок за счет, в первую очередь, наличия на полуострове большого количества соляных озер и грязевых вулканов. В структурном отношении северо-восточная часть Керченского полуострова находится в границах компенсационного Индоло-Кубанского краевого прогиба Скифской эпигерцинской плиты (Гидрогеология..., 1970). Грязевой вулканизм характерная черта Керченского полуострова. Наиболее изучены грязевые сопки Булганакского сопочного поля, расположенного вблизи с. Бондаренково Ленинского района Крыма.

Сопочные воды северо-восточной части Керченского полуострова гидрокарбонатно-хлоридные натриевые или хлоридно-гидрокарбонатные натриевые. По классификации Сулина воды грязевых вулканов относятся к гидрокарбонатно – натриевому типу (рис. 1, 2). Минерализация сопочных вод, главным образом, в пределах 10-20 г/л, температура – около 19-20 °С.

№ на карте	Формула Курлова	кол-во проб
1	M <sub>12,7</sub> Cl(32-47)HCO <sub>3</sub> (30-45)CO <sub>3</sub> (22-23)pH 9 Na(94-98)	2
2	M <sub>24</sub> Cl <sub>40</sub> HCO <sub>3</sub> <sub>39</sub> CO <sub>3</sub> <sub>21</sub> pH 8.7 Na99	1
3	M <sub>11-20</sub> Cl(33-49)HCO <sub>3</sub> (25-47)pH 8.4 Na(91-95)	2
4	M <sub>19</sub> Cl <sub>49</sub> HCO <sub>3</sub> <sub>36</sub> pH 8.5 Na98	1
5	M <sub>14</sub> Cl <sub>47</sub> HCO <sub>3</sub> <sub>41</sub> pH 8.2 Na96	1
6	M <sub>29</sub> Cl <sub>54</sub> HCO <sub>3</sub> <sub>31</sub> pH 8.5 Na99	1
7	M <sub>11-15</sub> Cl(34-66)HCO <sub>3</sub> (28-43)CO <sub>3</sub> (10-27)pH 8.4 Na(95-97)	4
8	M <sub>14-17</sub> Cl(54-68)HCO <sub>3</sub> (32-36)pH 8.3 Na(95-97)	2
9	M <sub>1-15</sub> Cl(51-67)HCO <sub>3</sub> (26-48)pH 8 Na(95-97)	3

Сопки:

- 1. Андрусова (южный грифон); 2. Центральное озеро;
- 3. Обручева; 4. Ольденбургского; 5. Вернадского;
- 6. Конус Абиха; 7. Тищенко; 8. Трубецкого; 9. Шилова

Рисунок 1 – Расположение и химический состав жидкой фазы грязевых сопок

Относительные содержания стабильных изотопов сопочных вод Булганакского и Мало-Тарханского полей варьируют в пределах от 2,6 до 11,4‰ для  $\delta^{18}\text{O}$  и от -29,1 до 20,0‰ для  $\delta\text{D}$ . Изучение изотопного состава воды ( $\delta\text{D}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ ) проводилось в Ресурсном центре СПбГУ «Геомодель». Пробы анализировались на лазерном инфракрасном спектрометре Picarro (США).

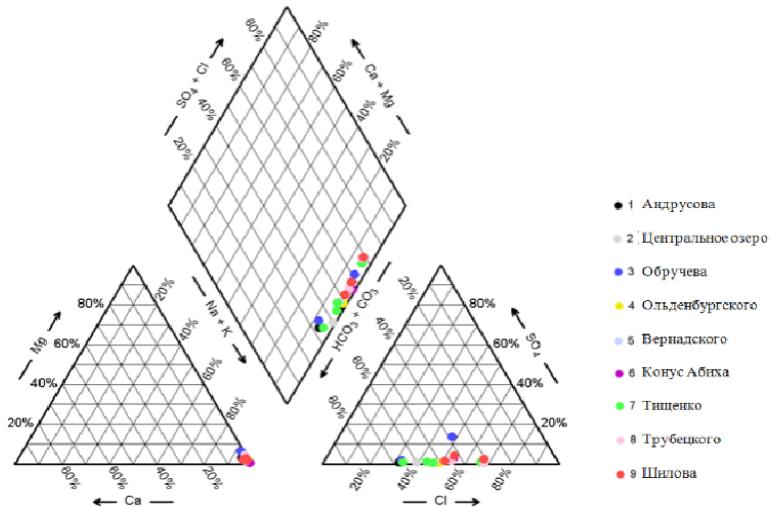


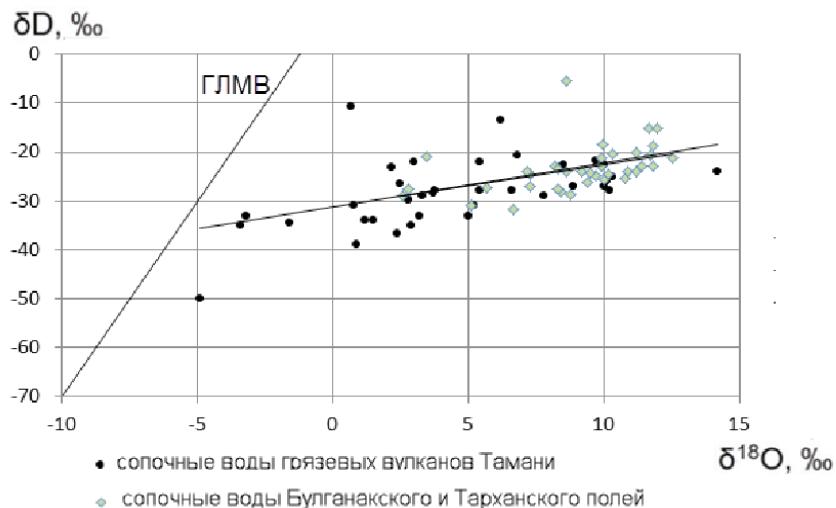
Рисунок 2 – Химический состав жидкой фазы грязевых сопок на диаграмме Пайпера

В последние годы появилось достаточно много опубликованных данных изотопного состава жидкой фазы грязевых вулканов (Ершов и Левин, 2016; Каюкова и Юровский, 2019; Лаврушин и др., 2005; Киквадзе, 2016 и др.). На рисунке 3 показана взаимосвязь между изотопами водорода и кислорода для жидкой фазы грязевых вулканов Керченско-Таманской области. Все фигурационные точки смещены в правую область от глобальной линии метеорных вод (GMWL) и расположились вдоль линии, имеющей тренд  $\delta\text{D} = 0,85 \delta^{18}\text{O} - 31,04$ ; точки, отвечающие изотопному составу сопочных вод северо-восточной части Керченского полуострова расположились вдоль линии, имеющей тренд  $\delta\text{D} = 0,73 \delta^{18}\text{O} - 30,57$  ( $R^2 = 0,7$ ). Сведения об изотопном составе ( $\delta\text{D}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ ) жидкой фазы грязевых вулканов Таманской области получены из опубликованных источников (Лаврушин и др., 2005; Киквадзе, 2016).

Таблица 1. Изотопный состав жидкой фазы грязевых сопок Восточного Крыма

Дата отбора	Объект	$\delta^{18}\text{O}$ , ‰	$\delta^2\text{H}$ , ‰
13.07.16	сопка Павлова	5,1	-31,0
03.08.12	Андрусова, СВ грифон	11,2	-20,0
11.07.17	Андрусова, южн. склон	11,8	-18,7
13.07.17	оз. Центральное	10,3	-20,5
04.07.17	Центральное, вост. часть	11,7	-15,2
04.07.17	Центральное, северная часть	12,0	-15,1
13.07.16	Обручева, осн. жерло	9,9	-23,0
24.06.18	Обручева, осн. жерло	11,8	-23,0
11.07.17	Обручева, осн. жерло	7,3	-24,5
24.06.18	Обручева, ист. под горой из трубы	12,6	-21,4
11.07.17	Обручева, ист. под горой из трубы	10,8	-25,4
11.07.17	Обручева, грифоны вост. части	10,9	-24,0
11.07.17	Обручева, выходы на дне оврага	10,0	-18,4
11.07.17	Ольденбургского	8,6	-5,5
03.08.12	Вернадского	11,2	-24,0
11.07.17	Вернадского	11,7	-20,6
03.08.12	Конус Абиха	11,4	-23,0
11.07.17	Конус Абиха	5,7	-27,2
25.06.14	Тищенко осн. жерло (отбор ЕП)	2,8	-27,5
25.06.14	Тищенко, осн. жерло (отбор студ.)	8,6	-24,1
24.06.15	Тищенко, осн жерло1	9,2	-24,0
13.07.16	Тищенко	8,2	-23,0
11.07.17	Тищенко	8,4	-28,2
25.06.14	Тищенко, СВ грифон	2,6	-29,1
11.07.17	Тищенко, СВ грифон	3,5	-20,9
24.06.15	сопка Трубецкого	7,2	-24,0
12.07.17	сопка Трубецкого	10,0	-25,7
25.06.14	Трубецкого, СЗ грифон	9,9	-21,1
25.06.14	Трубецкого, грифон	7,3	-27,0
12.07.17	Трубецкого, ЮВ сальза	8,3	-23,5
25.06.14	Шилова, осн.жерло, широкое	9,7	-24,8
12.07.17	Шилова, осн.жерло, широкое	9,5	-24,3
12.07.17	Шилова, основное узкое жерло	8,8	-28,6
12.07.17	Шилова, ЮВ грифон 1	10,2	-24,6
12.07.17	Шилова, ЮВ грифон 2	6,7	-31,8
12.07.17	Шилова, ЮВ грифон 3	9,4	-26,3
12.07.17	Шилова, западная группа	8,3	-27,5

*Примечание:* пробы выполнены в ресурсном Центре «Рентгенодифракционные методы исследования» Санкт-Петербургского государственного университета



*Рисунок 3 – Изотопный состав жидкой фазы грязевых сопок Керченско-Таманской грязевулканической области*

Химический состав и соотношения  $\delta D$  и  $\delta^{18}\text{O}$  солончаковых вод грязевых сопок Таманского полуострова и сопок Булганакского и Тарханского полей имеют явное сходство. Этот факт указывает на родственный генезис и общие механизмы формирования. Вероятно, формирование ионно-солевого состава жидкой фазы выбросов грязевых вулканов Керченского полуострова связано с весьма глубоко залегающими отложениями (мезозойскими или даже палеозойскими).

Принимая во внимание близость моря и то, что солончаковые воды содержат ряд полезных для здоровья человека компонентов (йод, буру, бром и другие) и лечебные солончаковые грязи (Ежов и др., 2017; Васенко и Округин, 2016), вблизи Булганакского месторождения может быть построен прекрасный бальнеологический курорт, ресурсы которого (при разумной эксплуатации) будут практически неисчерпаемы.

*Автор благодарит сотрудников Ресурсного центра Санкт-Петербургского государственного университета за реализацию изотопно-аналитических работ.*

#### **Список литературы**

1. Васенко, В.И. Пелоиды грязевых вулканов Керченского полуострова / В.И. Васенко, В.М. Округин // II Межд. конгресс «Санаторно-курортное лечение». М., 2016. С. 109–110.
2. Гидрогеология СССР. Т.8. Крым / Под ред. В.Г. Ткачук М.: Недра, 1970. 351 с.
3. Ежов В.В., Васенко В.И., Гулов О.А. Бальнеологические характеристики крымской вулканической грязи Булганакского месторождения / В.В. Ежов, В.И. Васенко, О.А. Гулов //Медицина Кыргызстана. 2017. 3. С. 17–25.
4. Еришов В.В. Новые данные о вещественном составе продуктов деятельности грязевых вулканов Керченского полуострова / В.В. Еришов, Б.В. Левин // Доклады Академии наук. 2016. Т. 471, № 1. С. 82–86.
5. Каюкова Е.П. Химический и изотопный состав водопроявлений в районе озера Тобечик (Крым, Керченский полуостров) / Е.П. Каюкова, Ю.Г. Юровский // Труды Крымской Академии наук. Симферополь. 2019. С. 68–75.
6. Киквадзе О.Е. Геохимия грязевулканических флюидов Кавказского региона. Диссертация М.: Геологический институт РАН, 2016. 183 с.
7. Лаврушин В.Ю. Изотопный состав кислорода и водорода вод грязевых вулканов Тамани (Россия) и Кахетии (Восточная Грузия) / В.Ю. Лаврушин, Е.О. Дубинина, А.С. Авдеенко // Литология и полезные ископаемые. 2005. № 2. С. 143–158.