ВАРИАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ЮЖНО-САХАЛИНСКОГО ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА 2016 г.)

Ершов В.В.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия, E-mail: valery_ershov@mail.ru

АННОТАЦИЯ: В работе рассмотрены результаты гидрогеохимического мониторинга на Южно-Сахалинском грязевом вулкане, проведенного в мае-сентябре 2016 г. Отбор проб проводился из пяти грифонов вулкана с разной степенью активности. Показано, что содержание некоторых анионов и катионов заметно выше в более активных грифонах. Установлено, что в пассивном грифоне присутствует большая доля метеорных вод, что подтверждается также результатами изотопного анализа.

1. ВВЕДЕНИЕ

Исследования химического состава вод грязевых вулканов широко проводятся в разных регионах мира [1, 3, 5, 6]. В их основе лежат единичные отборы проб из эруптивных аппаратов вулканов, по результатам которых делают суждения об источниках грязевулканического вещества и связи грязевулканической деятельности с региональными геологическими условиями. Между тем есть другие важные аспекты гидрогеохимических исследований, которым в настоящее время уделяется мало внимания. Считается, что состав и интенсивность выноса продуктов грязевого вулканизма изменяется при сейсмической активизации в регионе. Корректно выделить аномалии химического состава сопочных вод можно только в том случае, если известны характеристики фоновое гидрогеохимического режима вулкана. А для этого на вулкане требуется проводить мониторинговые наблюдения. Грязевой вулканизм – это также опасное природное явление, которое зачастую может приводить к значительному экономическому ущербу и тем самым требует учета при осуществлении хозяйственной деятельности. Грязевым вулканам присуща цикличность – с более-менее определенной периодичностью происходят бурные извержения, которые затем сменяются относительно спокойными стадиями грифонной деятельности. Можно ожидать, что процессы изменения активности грязевого вулкана или подготовки/реализации его извержения найдут свое отражение в гидрогеохимических показателях. Очевидно, что такого рода исследования требуют проведения мониторинговых наблюдений. Кроме того, содержательная интерпретация гидрогеохимических данных невозможна без знания тонких корреляций между отдельными измеряемыми показателями и понимания закономерностей гидрогеохимического режима вулкана. Понятно, что исследо-

вания динамики химического состава сопочных вод также требуют проведения мониторинга.

Несмотря на почти двухсотлетнюю историю изучения грязевого вулканизма, гидрогеохимический мониторинг на грязевых

вулканах ранее не проводился. Такой мониторинг впервые в мировой практике был выполнен сотрудниками ИМГиГ ДВО РАН в полевом сезоне 2015 г. на Южно-Сахалинском грязевом вулкане [4]. Для подтверждения полученных результатов и увеличения объема статистических выборок необходимо продолжение этих исследований. Целью настоящей работы является анализ данных гидрохимического мониторинга, проведенного на Южно-Сахалинском грязевом вулкане в мае-сентябре 2016 г.

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом наших исследований был Южно-Сахалинский грязевой вулкан – один из наиболее крупных и активных вулканов о-ва Сахалин. Здесь с мая по сентябрь 2016 г. с периодичностью один раз в две недели выполнялся отбор проб свежей водогрязевой смеси из 5 грифонов с разной степенью активности. Под активностью грифона понимается скорость выноса на земную поверхность водогрязевой смеси и газа. Дебит газа регулярно не измерялся, но по отдельным замерам его можно охарактеризовать примерно так: грифон № 1 – около нуля мл/с, грифон № 2 – 10-15 мл/с, грифон № 3 – 15-20 мл/с, грифон № 4 – около 5 мл/с, грифон № 5 – 10-15 мл/с. С учетом регулярных визуальных наблюдений опробованные грифоны были разбиты на три группы: с высокой (№ 2 и 3), средней (№ 4 и 5) и низкой (№ 1) активностью. Почти все грифоны располагались в пределах нескольких метров друг от друга.

Анализ химического состава сопочных вод выполнялся в Центре коллективного пользования ИМГиГ ДВО РАН. Водная компонента из-

влеклась из пробы свежей водогрязевой смеси с помощью центрифугирования. Водородный показатель измерялся с помощью рН-метра «WTW 3110». Удельная электрическая проводимость измерялась с помощью кондуктометра «Эксперт-002». Содержание основных катионов и анионов (Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , Br^- , SO_4^{2-}) определялось методом ионной хроматографии. Концентрация HCO_3^- определялась титриметрическим методом с визуальной индикацией конечной точки титрования. Непосредственно перед хроматографическим анализом проводилась фильтрация образцов через мембранный фильтр 0,45 мкм. С целью повышения достоверности анализа для каждой пробы проводились измерения в разном разбавлении (в 10 и 25 раз). За итоговое значение принимали среднее арифметическое по двум измерениям. Для отдельных проб в Ресурсном центре «Гео-модель» СПбГУ были выполнены изотопные определения ($\delta^{18}\text{O}$ и δD).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты мониторинга показывают, что химический состав сопочных вод относительно стабилен во времени (рис. 1). При этом не оказали какого-то существенного влияния и дожди, которые были 17 и 30 августа и 28 сентября. Это свидетельствует о стационарном/установившемся режиме водного питания вулкана.

Видно, что химический состав сопочных вод в разных грифонах имеет определенные отличия, несмотря на близость их пространственного расположения. Причем эти отличия коррелируют с активностью грифонов. Электропроводность, которая характеризует общую минерализацию, выше в более активных грифонах. Ее средние значения для грифонов № 2 и 3 составляют 22.6 и 23.2 мСм/см соответственно, тогда как для грифонов № 4 и 5 – 21.9 и 21.7 мСм/см соответственно. Кроме минерализации в грифонах с разной активностью отличается и содержание отдельных компонентов ионно-солевого состава. Средняя концентрация HCO_3^- в грифонах № 2 и 3 на 1-2 г/л выше, чем в грифонах № 4 и 5. В активных грифонах выше также концентрации Na^+ и Mg^{2+} . В грифонах № 2 и 3 они в среднем составляют около 6.5 г/л и 250 мг/л соответственно. Тогда как в грифонах № 4 и 5 они в среднем составляют около 6 г/л и 200 мг/л соответственно. Такие различия выходят далеко за пределы погрешности химическо-

го анализа. В то же время содержание Cl^- практически одинаково в грифонах № 2-5 и составляет в среднем около 4.1 г/л. Cl^- является консервативным анионом и считается одним из показателей глубинности подземных вод. Следовательно, различия в химическом составе сопочных вод нельзя объяснить поступлением в грифоны подземных вод с более глубоких горизонтов. В сопочных водах грифонов № 2-5 различаются также средние концентрации Li^+ , K^+ , SO_4^{2-} , но здесь каких-либо явных закономерностей (дифференциации по активности) не просматривается. Например, наибольшая концентрация SO_4^{2-} (около 20 мг/л) наблюдается в грифоне № 2, а наибольшая концентрация K^+ (около 100 мг/л) отмечается в грифоне № 4.

Особняком здесь стоит пассивный грифон № 5, в котором заметно выше значения рН, существенно ниже минерализация и содержание практически всех анионов и катионов. Исключение составляет только концентрация SO_4^{2-} , которая в этом грифоне имеет максимально высокие значения – в диапазоне от 100 до 300 мг/л. По нашему мнению, в грифоне № 5 к сопочным водам подмешивается значительное количество метеорных вод. Подземное питание этого грифона очень слабое, которого не хватает для постоянного самоизлива. В длительные периоды сухой погоды грифон начинал пересыхать, а после дождей он вновь наполнялся. Существенный вклад метеорных вод подтверждается и результатами изотопных определений. Для проб из грифона № 5 значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD составляют около -3 и -45 ‰ SMOW соответственно. Тогда как в активных грифонах значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD составляют около +5 и -25 ‰ SMOW соответственно. При этом важно понимать, что стекающая в грифон № 5 дождевая вода смыывает с поверхности грязевого поля легкорастворимые соли. Поэтому фактически в грифон подмешивается не пресная дождевая вода, а солоноватый водный раствор с определенным типом минерализации. Скорее всего, этот раствор по своему химическому составу будет во многом похож на водные вытяжки из грязевулканического субстрата, исследования которых выполнены в работе [2]. Показано, что водные вытяжки являются щелочными (рН = 8.5-9.5) и характеризуются довольно высоким содержанием сульфатов – весо-объемные концентрация SO_4^{2-} зачастую превышает концентрацию Cl^- . Все эти факты позволяют объяснить повышенные щелочность и сульфатность сопочных вод в пассивном грифоне № 5.

Рис. Вариации значений некоторых гидрогеохимических показателей в период проведения мониторинга с указанием номеров наблюдаемых грифонов Южно-Сахалинского грязевого вулкана.

В активных грифонах Южно-Сахалинского грязевого вулкана между отдельными компонентами сопочных вод существует тесная положительная корреляционная связь: между Na^+ и HCO_3^- , Mg^{2+} и HCO_3^- , а также Na^+ и Mg^{2+} . В то же время корреляция между Na^+ и Cl^- , широко распространенная для природных вод, здесь отсутствует. Отметим, что положительная корреляция между Na^+ и Cl^- имеет место в пассивном грифоне № 5. Этот факт, по нашему мнению, также подтверждает вывод о том, что в этом грифоне происходит подмешивание метеорных вод.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в 2016 г. исследования показывают, что воды в грифонах Южно-Сахалинского грязевого вулкана являются слабощелочными, принадлежат к гидрокарбонатно-хлоридно-натриевому типу, имеют минерализацию 20-25 г/л. Эти общие гидрохимические особенности отмечались для Южно-Сахалинского грязевого вулкана не только по итогам мониторинга 2015 г., но и при более ранних наблюдениях. Химический состав сопочных вод в отдельно взятом грифоне также

не подвержен большим вариациям на интервалах времени в несколько месяцев. Все это свидетельствует о стабильном режиме водного питания вулкана. Следовательно, можно ожидать, что аномалии химического состава, обусловленные сейсмостектоническими причинами, будут выделяться с высокой степенью надежности и достоверности.

Выявлены различия химического состава сопочных вод в разных грифонах. Для более активных грифонов характерно повышенное содержание Na^+ , Mg^{2+} и HCO_3^- . Содержание Cl^- при этом практически одинаково, исключая случаи явного разбавления метеорными водами. Во всех активных грифонах отсутствует корреляция между Na^+ и Cl^- . Описанные закономерности хорошо согласуются с результатами мониторинга, проведенного на этом же вулкане в 2015 г. Это позволяет говорить о возможности создания системы гидрогеохимических индикаторов грязевулканической активности.

В отличие от мониторинга 2015 г. при наблюдениях 2016 г. один из грифонов был с практически нулевой активностью. Результаты изотопного и химического анализа показывают, что в пассивном грифоне присутствует большая доля метеорных вод. В случае разового опробо-

вания вулкана отбор пробы из такого грифона может сильно исказить представления о геохимических особенностях разгрузки грязевулканических флюидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов В.В., Левин Б.В. Новые данные о вещественном составе продуктов деятельности грязевых вулканов Керченского полуострова // Доклады Академии наук. – 2016. – Т. 471, № 1. – С. 82-86.
2. Ершов В.В., Копанина А.В. Химический состав водных вытяжек из почв грязевулканических ландшафтов // География: развитие науки и образования. Часть I. Материалы Международной научно-практической конференции LXX Герценовские чтения. – Санкт-Петербург: РГПУ им. А.И. Герцена, 2017. – С. 142-147.
3. Лаврушин В.Ю., Гулиев И.С., Киквадзе О.Е. и др. Воды грязевых вулканов Азербайджана: изотопно-химические особенности и условия формирования // Литология и полезные ископаемые. – 2015. – № 1. – С. 3-29.
4. Никитенко О.А., Ершов В.В., Левин Б.В. Первый опыт выделения гидрогеохимических индикаторов грязевулканической активности // Доклады Академии наук. – 2017. – Т. 477, № 5. – С. 586-589.
5. Dia A.N., Castrec-Rouelle M., Boulegue J., Comeau P. Trinidad mud volcanoes: Where do the expelled fluids come from? // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1997. – Vol. 63. – P. 1023-1038.
6. Ray S.J., Kumar A., Sudheer A.K. et al. Origin of gases and water in mud volcanoes of Andaman accretionary prism: implications for fluid migration in forearcs // *Chemical Geology*. – 2013. – Vol. 347. – P. 102-113.

THE CHEMICAL COMPOSITION VARIATIONS OF THE WATERS FROM THE YUZHNO-SAKHALINSK MUD VOLCANO (ACCORDING TO THE RESULTS OF MONITORING IN 2016)

Ershov V.V.

Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, E-mail: valery_ershov@mail.ru

ABSTRACT: The results of hydrogeochemical monitoring at the Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano in May-September 2016 are considered in this work. We carried out the sampling from five volcanic gryphons with different activity degrees. In this work we show that the content of some anions and cations is significantly higher in more active gryphons. There is a large proportion of meteoric waters in the passive gryphons, which is also confirmed by the results of isotopic analysis.