



Академик Н. Л. Добрецов, известный российский геолог и главный редактор журнала «НАУКА из первых рук». Толбачинский дол, 2014 г. Фото С. Котлярова



Академик Н. Л. Добрецов

ТОЛБАЧИК – ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН. Комментарий главного редактора

Толбачинский вулкан отличается необычной геохимией. И в первую очередь эта необычность проявляется в очень высоком содержании калия в изверженных породах: в базальтах Толбачика содержится до 4% оксида калия (K_2O). Такие значения являются не только максимальными для Камчатки, но и вообще одними из самых высоких для вулканов островных дуг, образующихся в результате субдукции (близкие значения имеют изверженные породы южноамериканских Кордильер).

Известно, что высокие содержания калия характерны для лав плюмовых извержений. Все без исключения плюмовые породы, от щелочных до нормальных базальтов, насыщены калием и другими элементами 1-й группы, в первую очередь – цезием. В случае плюмовых извержений калий поступает с больших глубин: из металлического ядра планеты, содержащего, очевидно, этот элемент в больших количествах. Однако все извержения на островных дугах обычно натриевые.

Большую роль в исследованиях вулканических образований и вулканической деятельности Камчатки сыграла экспедиция Русского географического общества, проведенная на деньги купца Ф. П. Рябушинского в 1908–1910 гг. Отряд Камчатской экспедиции состоял из двух равноправных групп, в одну из которых вошел геолог С. А. Конради и студент Горного института Н. Г. Келль, дед по матери академика Н. Л. Добрецова. Отряд пробыл на Камчатке около 2.5 лет, из них полтора года – на полевой работе (Витер, 2008).

Николай Келль, будущий член-корреспондент АН СССР, участвовал в Камчатской экспедиции в качестве топографа. По словам Конради, «он составил первую карту вулканов Камчатки, применив новый для того времени фототеодолитный метод съемки». К вычислениям он приступил сразу после возвращения с Камчатки и вел их в свободное время до 1917 г., а затем вернулся к ним на короткое время в 1919 г., когда был избран ректором Уральского горного института. В 1922 г. при содействии РГО он занялся составлением карты (Келль, 1925).

Труд, начатый геологическим отрядом на Камчатке, был с блеском завершен Келлем в 1926 г., когда он подготовил к III Всетихоокеанскому конгрессу карту вулканов Камчатки, которая была издана Русским географическим обществом в 1928 г. В своем заключении к объяснительной записке он напишет: «...Работа на Камчатке с восхождением на вершины вулканов с широкими горизонтами оставила неизгладимое впечатление... Какое радостное чувство растет и ширится в груди, когда вы поднимаетесь на гору и перед вами в ясный день раскрывается необъятная чудная панорама. Вы невольно с этим чувством восходите и на вершину человеческого духа, вам становится все таким ясным и простым, что вы прощаете все и с двойным смыслом восклицаете вместе с поэтом: “для взшедших, все видно внизу”...» (Келль, 1928).

В начале 1930-х гг. в экспедициях на Авачу принимала участие Ю. Н. Келль – дочь Н. Г. Келля, в то время аспирантка, и молодой, но уже известный физик Л. Н. Добрецов – отец Н. Л. Добрецова. Впоследствии сам Николай Леонтьевич работал на Камчатке в 1964–1966 гг. и 2012–2016 гг., а в 1980-е гг. в Институте вулканологии ДВО АН СССР работала Ю. Г. Добрецова, дочь его старшего брата. Так, начиная с начала прошлого века, на Камчатке работали четыре поколения Келлей-Добрецовых, и есть надежда, что эта традиция будет продолжена.

По: (Толбачинское трещинное извержение..., 2017)

Здесь нужно особо отметить, что проблематика, связанная с соотношением содержания в породах калия и натрия, очень важна. Глобальные геохимические особенности состоят именно в том, что вся кора континентов калиевая, а морская и океаническая – натриевая, что естественно, потому что в самой морской воде много натрия, а калий хотя и присутствует, но в очень малых количествах. Тем не менее на Толбачике мы имеем дело с высококалиевыми породами, несмотря на то что вулканы Камчатки подпитываются благодаря погружению Тихоокеанской литосферной плиты под Охотоморскую. Также в породах на Толбачике много цезия, поскольку содержание К и Cs в изверженных лавах всегда прямо взаимосвязано.

Эта проблема «калия и натрия» только сейчас начинает по-настоящему обсуждаться, и можно надеяться, что на примере Толбачика она будет каким-то образом прояснена. В монографии, выход которой стал одним из поводов для написания этой статьи, мы приводим нашу модель REFC, представляющую собой систему уравнений для описания эволюции состава магматических камер. Суть ее в том, что в вулканической структуре присутствуют несколько очагов магмы, между которыми все время идет непрерывный обмен веществом. Изменения в выше-лежащем очаге всегда связаны с изменениями в другом, более глубинном, вплоть до того, что пять таких очагов могут работать как единая проточная колонна – именно такой процесс мы наблюдаем на Толбачике. Подобные системы могут порождать много необычных геохимических черт, в том числе и формировать нехарактерные для субдукционного извержения высококалиевые щелочные магматические породы.

Помимо высокого содержания калия и цезия, лавы Толбачика и ассоциированные с ними горячие газовые выделения *фумарол* и *сольфатаров* (небольших отверстий и трещин в кратере вулкана или застывающих лавовых потоках) содержат ртуть и большое количество сульфатов. Это является результатом «наложения» низкотемпературных (неглубинных) геотермальных процессов, что весьма типично для вулканов островных дуг (яркий пример – кальдера камчатского вулкана Узон с ее мощными газогидротермальными источниками).

В СМИ широко рекламировалось открытие на Толбачике свыше десятка новых, ранее неизвестных минералов, найденных геологами из МГУ. Следует уточнить, что большинство этих минералов обязано своим происхождением именно низкотемпературной геотермальной активности. Такие минералы можно «поймать» в выходах вулканических газов из фумарол, однако они быстро разрушаются в результате растворения и окисления. И в этом смысле исключительность Толбачика заключается еще и в его доступности, благодаря которой исследователи имели



Вулкан Безымянный с высоты птичьего полета. Видно, как внутри кальдеры, образовавшейся в результате взрыва 1956 г., растет новый активный конус. Фото автора

уникальную возможность изучать все это «вживую», непосредственно во время извержения.

Вообще же в наши дни геологи ежегодно открывают несколько десятков новых минералов, хотя лишь немногие из них являются продуктами глубинных магматических процессов. К новым открытиям приводит не только изучение современного вулканизма, но и *ксенолитов* – обломков пород, которые выносятся магмой из верхней мантии. Свой вклад в минералогическую «копилку» внесли и новосибирские минералоги. Например, известны работы В. Н. Васильева по гидротермальным и рудным минералам. Академик Н. В. Соболев и его ученики обнаружили около двух десятков новых минералов в высокобарических алмазоносных гнейсах Кокчетавского пояса и в кимберлитах (как в глубинных ксенолитах, так и в виде включений в алмазах). Эти открытия были сделаны совместно со специалистами из Японии и Сингапура, на вооружении которых имеются «тонкие» методы исследования, так как эти минералы обычно представлены слишком мелкими включениями, чтобы увидеть их в микроскоп.

Возвращаясь к Толбачику, нужно сказать еще об одной геохимической особенности, которая чуть не стала сенсацией. Это ассоциация самородных металлов и микроалмазов, обнаруженная при изучении состава лав последнего извержения. Ряд специалистов, и я в том числе, уверены, что речь идет об обычном техногенном загрязнении. Об этом свидетельствует сам список, в котором присутствуют отечественный дюралюминий, латунь и другие техногенные металлы. Все это «богатство» – составная часть атмосферного аэрозоля, который может существовать годами. В лаву же эти частицы вместе с вулканическим пеплом могли попасть благодаря большому тайфуну.

Много такой техногенной пыли, включая и наноразмерные алмазы, сегодня поступает в атмосферу с континентального Китая, где, кстати, имеется самое большое в мире производство промышленных алмазов, в том числе абразивного качества. Из-за изменения климата и направления ветров эта пыль сейчас выносятся на Камчатку и в Охотское море. Поэтому последнее извержение на Толбачике еще раз напомнило о необходимости изучения процессов глобального атмосферного переноса.

В заключение напомним, что вулканизм является важнейшим фактором рудообразования, а субдукционные условия благоприятны для формирования месторождений ряда элементов, таких как золото и серебро, медь и молибден, а также полиметаллических элементов. И хотя все

вулканические рудопроявления не являются крупными по запасам, они отличаются очень высокими, часто ураганскими концентрациями элементов. К тому же и формируются такие месторождения в геологическом масштабе достаточно быстро: менее чем за миллион лет.

На Камчатке имеются достаточно большие месторождения золота и серебра, а также более мелкие – меди и молибдена. На курильском вулкане Кудрявом прямо в жерле обнаружены отложения минералов теллура, меди, серебра и др. А на Урале, который представляет собой древнюю островную дугу, – месторождения меди, свинца и цинка. Именно эти древние вулканы дали сырье для пушек и пуль армии Петра I, послуживших основой первого промышленного переворота в России. А купцы Демидовы, разрабатывавшие месторождения, учредили первую отечественную научную премию, которая присуждается до сих пор и которой были удостоены несколько сибирских геологов: академики М. Н. Кузьмин, А. Э. Конторович и Н. Л. Добрецов

Литература

Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка. 1975–1976 / Отв. Ред. С. А. Федотов. М.: Наука, 1984. 637 с.

Добрецов Н. Л., Кирдяшкин А. Г., Кирдяшкин А. А. Глубинная геодинамика. 2-е изд., доп. и перераб. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 410 с.

Крашенинников С. П. Описание Земли Камчатки. СПб., 1994. Т. 1, 2.

Кулаков И. Ю., Добрецов Н. Л., Бушенкова Н. А. и др. Форма слэбов в зонах субдукции под Курило-Камчатской и Алеутской дугами по данным региональной томографии // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 6. С. 830–851.

Churikova T. G., Gordeychik B. N., Iwamori H. et al. Petrological and geochemical evolution of the Tolbachik volcanic massif, Kamchatka, Russia // J. of Volcanology and Geothermal Research. 2015. № 307. P. 156–181.

Koulakov I., Abkadyrov I., Arifi N. Al. et al. Three different types of plumbing system beneath the neighboring active volcanoes of Tolbachik, Bezymianny and Klyuchevskoy in Kamchatka // J. Geophys. Res. Solid Earth. 2017. V. 122. N. 5. P. 3852–3874. doi:10.1002/2017JB014082.

Kugaenko Y., Titkov N., Saltykov V. Constraints on unrest in the Tolbachik volcanic zone in Kamchatka prior the 2012–13 flank fissure eruption of Plosky Tolbachik volcano from local seismicity and GPS data // J. of Volcanology and Geothermal Research. 2015. V. 307. P. 38–46.

«Извержение вулкана Плоский Толбачик 2012–2013 гг. предоставило ученым очень большой объем наблюдений, полученных при помощи различных геологических и геофизических методов. Обработка и анализ этих наблюдений, а также осмысление их результатов будут продолжаться еще достаточно долго и позволят улучшить наше понимание физических механизмов, контролирующих крупные вулканические извержения и разработать новые подходы мониторинга вулканической активности» (Толбачинское трещинное извержение..., 2017, с. 5)

Автор и редакция благодарят к. г.-м. н. А. Б. Белоусова (Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский) за предоставленные фотографии