ДЫХАНИЕ СЕДОГО ВУЛКАНА

ПРОИСХОЖДЕНИЕ УГЛЕКИСЛЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ЭЛЬБРУСА

В геологической литературе Эльбрус считается потухшим вулканом. Из самого молодого конуса, образующего восточную вершину, лавы изливались еще в верхнечетвертичное время (голоцен). По-видимому, человек был свидетелем этих извержений. Например, в «Географии» Страбона (начало первого века н. э.) Эльбрус даже изображался в виде действующего вулкана. Позднее его рисовали в виде мертвого седого великана, вершины которого объяты вечным холодом и покоем. Однако, занимаясь изучением минеральных вод, нельзя не придавать большого значения недавней активной деятельности Эльбруса, особенно при решении проблемы происхождения углекислоты и других газов, играющих главную роль в формировании минеральных вод.

Самые первые гидрогеологические исследования в Центральном Кавказе показали, что вокруг Эльбруса концентрируется огромное количество углекислых источников [1], и уже одно это приводило к мысли о причастности Эльбруса к образованию месторождений углекислых минеральных вод. Но это были лишь догадки, не подкрепленные фактическими данными. И вот, чтобы установить связь источников углекислоты с вулканизмом, Северо-Кавказским отделением Лаборатории гидрогеологических проблем была организована специальная экспедиция.

Из литературы и рассказов альпинистов нам было известно, что на Эльбрусе периодически наблюдаются выделения паров и газов. Еще в 1959 г. было обращено внимание на то, что углекислые минеральные источники Эльбрусской вулканической области в основном термальные. Температура их, превышая среднегодовую температуру воздуха, падает по мере отдаления источников от Эльбруса. Возник вопрос: не повышены ли геотермические условия близ вулкана? Может быть, это связано с тем, что магма залегает относительно близко к поверхности, или это результат былой деятельности вулкана? Наши непосредственные наблюдения в районе, где предполагалось выделение паров и газов, должны были дать интересный материал о внутреннем тепле Эльбруса.

Выделения паров и газов отмечались на северном и северо-западном склонах восточного кратера. Фумарольное поле [1] имеет форму неправильного изогнутого овала, вытянутого в восточном-северо-восточном направлении, приблизительно на 200—250 *м* при ширине 50—80 *м*. Располагается оно на высоте 5450—5520 *м* над ур. м. среди лав и туфов, сильно измененных поствулканическими процессами; в основном это желтые и белые рыхлые массы, сильно обогащенные опалом [2]. Аналогичные изменения камчатских лав происходят на сольфатарных полях [3] под воздействием кислых растворов, образовавшихся за счет растворения и окисления вулканических сероводорода и сернистого газа.

В обследованном фумарольном поле, а также в других участках восточной и западной вершин Эльбруса встречается и другой тип изменения пород слабокислыми сульфатны-

[1] Подсчитано, что из 878 известных углекислых источников Большого Кавказа на долю вулканических областей приходится 627 (Эльбрусская — 428, Казбекская — 193), т. е. 71%. На Северном Кавказе, где, собственно, и проявился в основном вулканизм этих областей, расположено свыше 91% всех источников, а именно 366 из 398 (Эльбрусская — 281, Казбекская — 85).

[1] Фумаролы — выходы горячего вулканического газа в виде струек и спокойно парящих масс из трещин на поверхности вулкана или недавно образовавшихся лавовых потоков и покровов.

[2] Химический анализ таких измененных пород показал увеличение в них количества кремнезема от 53,2 до 94—96%. Из возгонов, ассоциирующих с этим типом поствулканического изменения, были определены сульфаты кальция, железа и алюминия.

[3] Сольфатарная фаза — состояние покоя вулкана, когда действуют только кратерные фумаролы.

Вид с Эльбруса

ми растворами — разложение и превращение дацитов в красно-желто-белые глинистые породы (в этом случае происходит вынос всех компонентов, кроме алюминия). На западной вершине сравнительно широко развиты процессы изменения пород под воздействием концентрированных сернокислых растворов. Эти изменения происходят вдоль трещин, поэтому образующиеся плотные породы с раковистым изломом ярко-желтого и кремового цвета, имеют вид жил, секущих малоизмененные лавы. При этом происходит вынос всех компонентов, кроме щелочных металлов и алюминия, и привнос сульфатов.

Даже этих предварительных данных вполне достаточно, чтобы судить о характере тех процессов, которые проходили в недавнее время. Основная их особенность — это вынос из магматических глубин сероводорода и сернистого газа. Среди газов современных выделений Эльбруса химическим путем соединения серы не были обнаружены. Однако запах сероводорода неоднократно ощущался всеми участниками экспедиции как на обследованном фумарольном поле, так и на западной вершине Эльбруса. Правда, в одной из паро-газовых струй нам удалось отобрать небольшое количество конденсата водяных паров, состав которого оказался аммонийно-сульфатным (при содержании сульфатов примерно 150 *мг/л*). Это свидетельствует о том, что еще сравнительно недавно вулкан переживал активную «сернистую» стадию поствулканической деятельности. Вероятно, она еще не совсем прекратилась.

Обследованное фумарольное поле находится в основном под фирново-снежным покровом мощностью до 4 *м*. Под влиянием паров и газов в этом покрове образуется система соединяющихся между собой лабиринтов и гротов. В тех местах, где пары выбиваются на поверхность, снег протаивает и появляются большие окна.

В паро-газовых струях обнаружены углекислый газ, аммиак и пары воды, причем собственно вулканические газы составляют в изученных пробах не более 1%, а 99% приходятся на долю атмосферного воздуха [1]. Пары воды определены в количестве от 9 до 14 *мг* на литр паро-газовой смеси. В параллельно отобранных пробах воздуха обнаружены только следы CO_2.

Температурные наблюдения показывают,

[1] Количество углекислоты колеблется от 3,8 до 11,6 *мг/л* паро-газовой смеси, что составляет от 0,2 до 0,6 объемных процентов. Определение углекислоты в газах, собранных в резиновые камеры, дало близкие результаты: 0,3—0,8%.

что внутри лабиринтов и гротов воздух нагрет неравномерно и связано это, видимо, с дебитом паро-газовых струй, с одной стороны, и условиями газообмена с сильно охлажденным наружным воздухом — с другой.

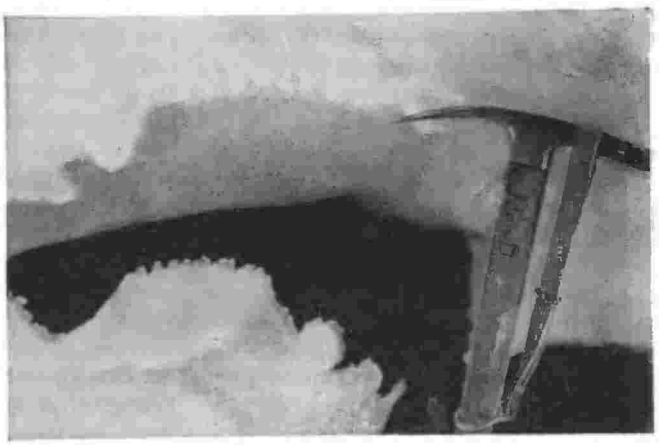
Во время обследования фумарольного поля температура наружного воздуха составляла от —3 до —4°. Внутри лабиринтов она поднималась до +3,5, +5,2, +14,5 и +17,8°. Близ выходов паро-газовых струй создаются буквально парниковые условия, и освобожденное от снега дно лабиринта обильно поросло мхом.

Углекислый газ — это главнейший компонент углекислых минеральных вод, поэтому выяснение условий его образования представляет собой основную проблему происхождения этих вод. Поэтому углекислый газ был найден в составе вулканических газов Эльбруса, а магматические процессы продолжаются и в настоящее время, можно с достаточным основанием говорить о практически неисчерпаемых запасах углекислого газа, а следовательно, и углекислых минеральных вод всей области. Растворенной углекислоты больше в источниках, приуроченных к Эльбрусу, и в источниках, относительно обогащенных хлором. На южном склоне источники, непосредственно примыкающие к Главному Хребту, резко обеднены углекислотой. Это, видимо, связано с тем, что главный надвиг хребта образует своеобразный экран, отделяющий эту область от эльбрусского магматического очага.

Наряду с углекислотой, в составе вулканических газов обнаружен аммоний, он содержится даже в конденсате водяных паров вулкана. Отмечено постоянное присутствие его в углекислых минеральных водах вокруг Эльбруса, что служит показателем связи углекислых минеральных вод с вулканическими процессами.

Температура паро-газовых смесей, состоящих почти из 100% воздуха, колеблется в пределах от +3,5 до +17,8°. Совершенно очевидно, что температура коренной струи должна быть во много раз выше (порядка 200—300°). Это заставляет уделять особое внимание изучению тепловой энергии, скрытой в недрах Эльбруса, которую можно будет практически использовать.

Важные компоненты минеральных вод района Эльбруса — это также хлор, фтор и бор. Однако в составе вулканических газов они не были обнаружены. Тем не менее следует указать на повышенные концентрации хлора в водах минеральных источников вулканических районов Эльбрусской области. Несомненно, представляют интерес наблюдения, которые показали, что наибольшее количество воднорастворимого хлора концентрируется в продуктах постмагматической деятельности и в гидротермально измененных магматических породах. Это приводит к мысли о магматическом очаге, как возмож-



Так выглядят вблизи отверстия, ведущие в «чрево» Эльбруса

ном источнике хлора. Фтор постоянно встречается в минеральных водах вулканической области, и содержание его возрастает по мере отдаления от зоны Главного Хребта, т.е. от магматического очага. Особенности распространения бора в углекислых минеральных водах Эльбрусской области указывают на то, что, возможно, и он выделяется из магматического очага. Наиболее насыщенные бором участки тяготеют, например, к местам пересечений продольных и поперечных глубинных разломов, т. е. к намеченным нами тектоно-магматическим районам (Верхне-Чеченскому, Эльбрусскому и Эшкакон-Хасаутскому).

Таким образом, Эльбрус не потухший вулкан. В настоящее время он находится лишь в состоянии относительного покоя. Характер самых последних поствулканических явлений, а также современные выделения сернистых соединений свидетельствуют о завершении сернистой и начале углекислой стадии. Поскольку образование углекислого газа в Эльбрусской вулканической области связано с продолжающимся термомагматическим процессом на глубине, есть основания считать возможным постоянное (правда, в неизвестных еще нам размерах) возобновление эксплуатационных ресурсов углекислых минеральных вод этого района. Наконец, Эльбрус — это, по-видимому, вместилище очень крупных запасов тепловой энергии, использование которой может сопровождаться попутным извлечением комплекса полезных ископаемых. Уже теперь целесообразно развернуть здесь специальные исследования для научного обоснования возможности народнохозяйственного освоения этих природных богатств.

И. Я. Пантелеев,
Ю. П. Масуренков
Ставрополь

КОМЕТЫ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ

На Землю из космического пространства непрерывно поступает межпланетное вещество. Одним из возможных механизмов пополнения массы Земли служат столкновения комет с нашей планетой. По современным оценкам можно сделать вывод, что за первые 2 млрд. лет существования Земли она в результате встреч с кометами захватила от $2 \cdot 10^8$ до 10^{12} *т* кометного вещества. Кроме того, кометное вещество должно захватываться Землей при достаточно близких прохождениях комет около планеты.

Согласно данным, полученным при изучении спектров комет, их вещество содержит много углеродных соединений, обладающих высокой термической устойчивостью. Поэтому можно ожидать, что высокие температуры, развивавшиеся при столкновениях комет с Землей, не могли существенно изменить потенциальную реактивность химических веществ, входивших в состав этих комет. Кроме высоких температур, при столкновении комет с планетой должны возникать и высокие давления. А под влиянием этих факторов монокарбонаты, присутствующие в кометных ядрах, должны образовывать молекулярные цепочки, содержащие по 4—6 атомов углерода.

Представляется весьма заманчивым исследовать экспериментально поведение смеси веществ, соответствующей по составу кометным ядрам, в условиях, которые должны возникать во время столкновений комет с поверхностью Земли. Такие эксперименты были проведены американским ученым Оро. Он изучал реакции в смесях, состоящих из водорода (H), цианида (CN), аммония (NH_3) и воды (H_2O), при температурах 30—100°. При этом возникали аминокислоты и другие вещества, молекулы которых содержат более 4—5 атомов углерода, причем все они образовывались более или менее одновременно и непрерывно. Подобные эксперименты проводились и с другими смесями, образования которых нужно ожидать при некоторых комбинациях радикалов, имеющихся в кометах. В этом случае также были получены биохимические продукты.

Из результатов этих опытов можно сделать вывод, что вследствие захвата кометного вещества поверхность Земли должна обогащаться заметным количеством биохимически важных соединений, поскольку в местах падения комет концентрация этих веществ была весьма значительной. Под влиянием физических условий, возникавших при захвате комет и их столкновениях с Землей, кометное вещество могло быстро преобразовываться в органические и биохимические соединения без дополнительных источников энергии. Следует отметить, что кометы, а следовательно, и вся Вселенная содержат помимо инертных газов те же вещества, что и протеины. На этом основании можно сделать вывод, что возникновение жизни во Вселенной — явление скорее вероятное, чем невероятное.

«Nature», v. 190, 1961, № 4774
(Англия)