

ПАТОМСКИЙ КРАТЕР В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ – СОВРЕМЕННЫЙ ВУЛКАН

В.С. Антипин, А.М. Федоров

Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН, Иркутск, e-mail: antipin@igc.irk.ru

Происхождение загадочного Патомского кратера, расположенного в Бодайбинском районе на севере Иркутской области, продолжает привлекать внимание многих исследователей. В.В.Колпаков, открывший Патомский кратер в 1949 году при проведении геолого-съёмочных работ, первым высказал гипотезу о его образовании в результате падения метеорита в этом месте Патомского нагорья [Колпаков, 1951]. Известный вулканолог С.В.Обручев, комментируя данную метеоритную гипотезу, считал, что она не применима к Патомскому кратеру, и он мог образоваться только в результате прорыва со значительных глубин газо-паровой струи в участке, ослабленном тектоническими разломами. Значительно позже Е.Ф.Малеев также относил Патомский кратер к вулканогенному образованию, представленному эруптивными или взрывными брекчиями [Малеев, 1977]. Однако А.М.Портнов [Портнов, 1962, 1993] отвергал возможное участие вулканических процессов в образовании кратера и оценивал глубину залегания в нем метеорита около 180-200 м. Более того он считает, что это тело является фрагментом Тунгусского метеорита, упавшего в Сибирской тайге 30 июня 1908 года, то есть ровно 100 лет назад. Из истории исследований нашего объекта важно также отметить, что в 1963 году Сибирская комиссия по метеоритам СО АН СССР на общественных началах направила экспедицию на Патомский кратер, которая выполнила ряд интересных комплексных исследований и пришла к убеждению о достаточной сложности процессов образования кратера.



Рис. 1. Фото Патомского кратера с вертолета.

В 2006 году была проведена экспедиция, выполнившая наиболее детальное и комплексное изучение Патомского кратера (рис. 1), в составе которой работали геологи-геохимики (Институт геохимии СО РАН), геофизики (ИрГТУ) и астрономы (астрономическая обсерватория ИГУ) [Антипин и др., 2006]. По результатам этих работ впервые была составлена геологическая карта и получены данные геологических, петрографических и геохимических исследований пород кратера и его обрамления, которые позволили сделать вполне определенные выводы об условиях формирования этого загадочного конуса и легли в основу предложенной модели его происхождения [Антипин, Федоров, 2008].

Геологическое строение и вещественный состав пород кратера.

Полученные во время нашей экспедиции группой астрономов размерные характеристики конуса показали несколько иные параметры по сравнению с таковыми, измеренными В.В. Колпаковым полвека назад. Размеры основания конуса в проекции на горизонтальную плоскость составили примерно 150-160 на 120-130 м. Диаметр кольцевого вала, окаймляющего

воронку, равен 80 м, а ее глубина – порядка 12-15 м. При этом диаметр основания центральной горки кратера составляет в настоящее время около 34 м. В целом установлено, что максимальный перепад высот на кольцевом валу – до 15 м, а высота вала над склоном сопки меняется от 10-12 до 35-38 м. Различия в размерных характеристиках конуса, измеренных в 1949 и 2006 годах, свидетельствуют о заметном воздействии на слагающие его горные породы процессов выветривания и постепенного разрушения кратера, что приводило к соответствующему увеличению протяженности осыпи вниз по склону и возможному проседанию кольцевого вала.

При составлении геологической карты Патомского кратера установлено его зональное внутреннее строение и определен состав пород насыпного конуса. Неоднородное строение кратера проявляется в отчетливо выраженной зональности и последовательном чередовании его главных структурных элементов: 1) внешний склон конуса, 2) кольцевой вал, 3) кольцевой ров и 4) центральная горка. Кратер расположен среди терригенно-карбонатных пород мариинской свиты протерозоя и представляет собой насыпной конус, сложенный преимущественно известняками, но на нем встречаются и другие породы: песчаники, метаморфизованные сланцы, полевошпат-карбонатные (иногда с мусковитом) и кварцевые жилы. Отмечаются также и более глубинные метаморфизованные кварцитовидные песчаники, не характерные для пород вмещающей толщи. Перечисленные породы занимают вполне определенное положение в пределах отдельных зон кратера. Установлено, что наиболее возвышенная его часть кольцевой вал разделен неглубоким понижением в рельефе на две части, которые формировались в разное время. На раннем этапе образовался внутренний кольцевой вал, сложенный сильно выветрелыми пластинчатыми, легко рассыпающимися серыми известняками, в которых отмечаются жилы молочно-белого кварца. Именно в этой части среди известняков встречаются единичные глыбы метаморфизованных сланцев и кварцевых песчаников, а дресва этих карбонатных и терригенных пород часто покрыта мхом и на них растут отдельные листовенницы. Внешний кольцевой вал, в отличие от внутренней его части, не содержит глыб терригенных пород и сложен темно-серыми массивными кристаллическими известняками, практически слабо подвергшихся процессам выветривания, на которых отсутствуют мох и деревья. На основании этих признаков уверенно можно утверждать, что внешняя часть кольцевого вала является более поздним образованием. Становление Патомского кратера, по-видимому, завершилось формированием центральной горки, которая в районе ее вершины представлена массивными кристаллическими известняками, подвергшимися процессам выветривания в наименьшей степени. Кольцевой ров, разделяющий двойной кольцевой вал и центральную горку, сложен разнородными известняками, песчаниками, сланцами и эти породы прорваны серией кварц-полевошпат-карбонатных жил.

Возраст Патомского кратера имеет принципиальное значение, поэтому для целей дендрохронологического анализа участниками экспедиции были спилены 10 деревьев листовенницы даурской как непосредственно на насыпном конусе, так и вблизи его. Результаты анализа спилов деревьев представлены В.И.Вороным [Воронин, 2006]. На основании полученных дендрохронологических данных был сделан весьма важный вывод, что внешняя осыпь кратера образовалась не позже 1770 г., так как в это время на ней появилось самое старое дерево. С учетом того, что для роста дерева необходима почва, для формирования которой в этих условиях требуется 10-20 лет, то наиболее реальной временной границей в данном случае является середина XVIII века. Следовательно, вполне обоснованно можно сделать вывод, что к этому времени был сформирован ранний кольцевой вал кратера, на породах которого выросло дерево с возрастом 236 лет. Поэтому возраст осыпи раннего вала следует оценивать от 250 до 300 лет. Можно допустить, что время образования позднего кольцевого вала приходится на 1841-1842 годы, так как исследуемые деревья зафиксировали в годичных кольцах в это время событие катастрофического характера. Наиболее вероятной причиной воздействия на деревья в районе кратера является мощная подвижка грунта в эти годы, которая вызвала нарушение корневых систем деревьев, в результате чего одни из них вывалились и погибли, другие получили механические повреждения. Таким образом, формирование позднего вала происходило более чем через 100 лет после начала становления Патомского кратера. Поскольку на центральной горке деревья значительно моложе, вполне логично предположить, что она завершала полное становление насыпного конуса. По результатам дендрохронологического анализа подтверждается вывод геологических данных, что он формировался в течение

продолжительного времени (возможно, порядка 100-150 лет), и отдельные катастрофические события, связанные с его становлением, зафиксированы в древесно-кольцевой хронологии. Полученные данные свидетельствуют, во-первых, о возрасте Патомского кратера порядка 300 лет, а, во-вторых, исключают возможность его образования в результате космического события 30 июня 1908 года (Тунгусская катастрофа), как об этом пишут некоторые исследователи.

Эндогенная природа Патомского кратера. В настоящее время эндогенное происхождение Патомского кратера не вызывает сомнений. Прежде всего необходимо указать на отсутствие каких-либо свидетельств или признаков наличия метеоритного вещества в пределах насыпного конуса или в его окружении. Но главным является то, что все полученные геолого-геохимические материалы свидетельствуют об эндогенной или вулканической природе этой удивительной постройки на Патомском нагорье. Доказательством этому служат рассматриваемые ниже данные.

1) Морфология кратера в виде насыпного с крутыми склонами усеченного конуса с углублением на его вершине является типичной для современных вулканических построек, где хорошо видны все структурные элементы, выделенные на Патомском кратере. В отличие от вулканических построек, образованных ювенильным материалом (шлак, пепел, бомбы, лава и др.) насыпные конусы могут также состоять из обломков древних вмещающих пород, которые называют эруптивными или взрывными брекчиями. Эти структурные особенности резко отличают такие постройки от метеоритных кратеров, представленных более плоскими впадинами с невысоким кольцевым валом. Соответственно, отношение диаметра к высоте Патомского конуса является довольно характерным для образований вулканического происхождения.

2) Патомский кратер представляет собой зональную кольцевую структуру, отдельные зоны которой являются разновременными образованиями. В процессе его формирования происходило, по крайней мере, трехкратное воздействие эндогенной энергии на мариинскую древнюю толщу терригенно-карбонатных пород. В результате последовательно образовались: ранний кольцевой вал, поздний кольцевой вал, кольцевой ров и центральная горка. Дендрохронологические данные также подтверждают повреждения растущих на кратере деревьев в разные этапы его формирования. Такие процессы возможны только при продолжительной эндогенной вулканической активности, но не при одноактном падении метеорита.

3) Во всех отобранных пробах горных пород и терригенного материала содержания характерных для любых метеоритов элементов (прежде всего элементов гр. Fe) очень низкие, свойственные окружающим кратер породам. Никаких геохимических аномалий, которые могли бы быть связаны с метеоритным веществом, в пределах кратера не обнаружено.

4) Установлено, что глыбы песчаников и сланцев среди известняков, входящие в состав эруптивной брекчии (раздробленные глубинные породы, выброшенные на современную поверхность), были подвержены воздействию газовых или флюидных компонентов и интенсивно карбонатизированы.

В связи с выяснением роли глубинных флюидов или газов в процессе формирования Патомского кратера важная информация получена при анализе проб методом газовой хроматографии в Институте земной коры СО РАН. Наряду с окисленными флюидами (H_2O , CO_2), являющимися главными составляющими магматических летучих компонентов, в породах кратера установлены восстановленные газы (CO , H_2), что прежде всего свидетельствует о достаточно глубинном источнике флюидных компонентов. При этом максимальные содержания CO фиксируются в известняках центральной горки и кольцевого рва (8,5-9,7 мл/г), то есть в участках кратера, где по глубинному цилиндрическому каналу мог поступать эруптивный глыбовый материал насыпного конуса. Среди исследуемых пород кратера наибольшие концентрации H_2 зафиксированы в известняках раннего кольцевого вала. По-видимому, на начальном этапе формирования Патомского вулкана среди восстановленных газов преобладал водород, а в дальнейшем его роль могла уменьшаться, тогда как в составе газовых компонентов возрастала роль окиси углерода. Известно [Летников и др., 1980], что «поскольку CO может равновесно растворяться в расплавах только в сильно восстановительных условиях, то максимальные содержания окиси углерода возможны лишь для сугубо мантийных пород, формирующихся в обстановке очень низкого P_{O_2} , точно также для водорода и азота». Следовательно, полученные геохимические данные свидетельствуют не просто о глубинном, а скорее о мантийном источнике флюидных или газовых компонентов,

которые вполне могли исходить из расположенного на глубине промежуточного магматического очага. В настоящее время проводятся дополнительные исследования как пород, входящих в состав эруптивных брекчий кратера, так и его обрамления.

Таким образом, Патомский кратер по своим геологическим характеристикам представляет собой кольцевую структуру центрального типа с насыпным конусом, сложенным известняками и другими горными породами. Установленное зональное строение кратера, а также петрографические и петрогеохимические особенности пород обусловлены благоприятным сочетанием кольцевых и радиальных разломов с последовательным и продолжительным временем формирования отдельных зон. Происхождение Патомского кратера связано с эндогенными процессами, главную роль в которых играло поступление глубинного потока газовых компонентов, определивших формирование насыпного конуса около 300 или более лет назад. В соответствии с его возрастом Патомский кратер является, по видимому, самым молодым проявлением вулканического процесса во внутриконтинентальной области на территории России. Слабое проявление вулканизма на Патомском нагорье в виде извержения или прорыва только газов вполне может быть связано с удалением от ареалов активного четвертичного магматизма в пределах Байкальской рифтовой системы. Ближайшие к Патомскому вулкану ареалы молодого вулканизма расположены в верховьях р. Витим и в районе Удоканского хребта, где вулканический процесс завершился 2100 лет назад. На Патомском кратере вулканизм не проявился в полном объеме, и формирование насыпного конуса происходило без извержения вулканического материала (пепел, вулканические бомбы, излияние лавы). Вполне можно допустить, что в течение 300 лет Патомский вулкан накапливал эндогенную энергию, и в случае возобновления его вулканической активности может произойти природная катастрофа. Поэтому необходимо дальнейшее изучение этого загадочного природного геологического объекта.

Авторы благодарят всех участников экспедиции за помощь при проведении геолого-геохимических исследований на Патомском кратере.

Список литературы

Антипин В.С., Арсентьева А.Н., Воронин В.И. и др. Экспедиционное обследование Патомского кратера. Избранные проблемы астрономии. Материалы научно-практической конференции «Небо и Земля», посвященной 75-летию астрономической обсерватории ИГУ. Иркутск, 2006. С. 163-168.

Антипин В.С., Федоров А.М. Происхождение Патомского кратера (Восточная Сибирь) по геолого-геохимическим данным // Доклады Академии наук, 2008. Т. 423. № 3. С. 361-366.

Воронин В.И. Предварительные результаты дендрохронологического анализа спилов лиственницы даурской, отобранных в районе Патомского кратера // Избранные проблемы астрономии. Материалы научно-практической конференции «Небо и Земля», посвященной 75-летию астрономической обсерватории ИГУ. Иркутск, 2006. С. 169-176.

Колпаков В.В. Загадочный кратер в Патомском нагорье // Природа. 1951. № 1-2. С. 58-61.

Летников Ф.А., Феоктистов Г.Д., Остафийчук И.М. и др. Флюидный режим формирования мантийных пород. Новосибирск, Наука. 1980. 143 с.

Малеев Е.Ф. Вулканогенные обломочные горные породы // М.: Недра, 1977. 214 с.

Портнов А.М. Кратер на Патомском нагорье // Природа, 1962. № 11. С. 102-103.

Портнов А.М. Патомский кратер – след Тунгусского явления? // Земля и Вселенная, 1993. № 1. С. 77-81.