



## ПАТОМСКИЙ КРАТЕР — УНИКАЛЬНЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

**Происхождение загадочного Патомского кратера, расположенного в Бодайбинском районе Иркутской области, продолжает привлекать внимание многих исследователей.**

В.С. Антипин, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН

В. В. Колпаков, открывший кратер в 1949 году при проведении геолого-съёмочных работ, первым высказал гипотезу о его образовании в результате падения метеорита в этом месте Патомского нагорья. А. М. Портнов даже оценивал глубину залегания в нем метеорита около 180–200 м и считал его фрагментом Тунгусского, упавшего в Сибирской тайге 30 июня 1908 года. В 1963 году Сибирская комиссия по метеоритам СО АН СССР направила на Патомский кратер экспедицию, которая выполнила ряд интересных комплексных исследований.



Первым высказал сомнения о метеоритном происхождении Патомского кратера известный вулканолог С. В. Обручев (1951 г.), предполагая, что он мог образоваться только в результате прорыва со значительных глубин газо-паровой струи в участке, ослабленном тектоническими разломами. Наши геолого-геохимические исследования в составе комплексных экспедиций 2006, 2008 и 2010 гг. свидетельствуют об эндогенных причинах образования кратера, которые, очевидно, связаны с развитием глубинного магматического процесса.

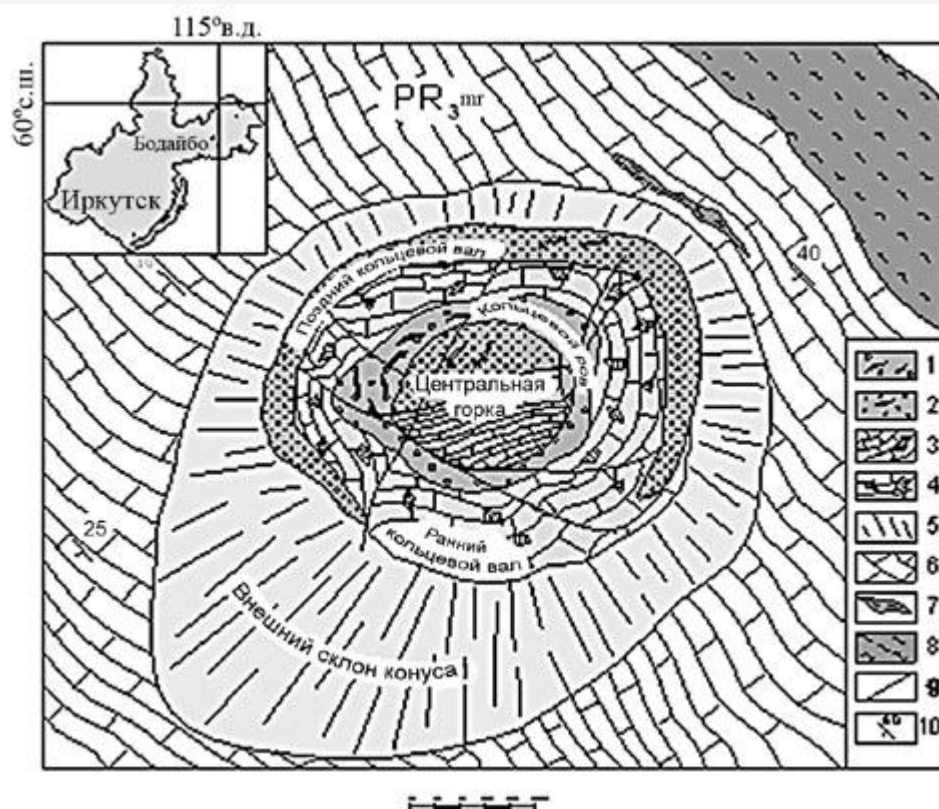
Уже в 2006 году было установлено, что Патомский кратер представляет собой кольцевую структуру с отчетливо выраженной зональностью, которая отражает последовательное образование его главных структурных элементов: 1) внешний склон конуса, 2) кольцевой вал, 3) кольцевой ров и 4) центральная горка. Кратер 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 и кварцевые жилы.

При картировании кратера установлено, что наиболее возвышенная его часть —

кольцевой вал — разделена неглубоким понижением в рельефе на две части. На раннем этапе образовался внутренний вал, сложенный сильно выветрелыми серыми известняками. Среди этих известняков встречаются единичные глыбы метаморфизованных сланцев и песчаников, часто кварцитовидных. На них растут отдельные лишайники. Внешний поздний кольцевой вал сложен тёмно-серыми массивными кристаллическими известняками, слабо подвергшимися процессам выветривания, и на нем лишайники отсутствуют. Становление Патомского кратера, по-видимому, завершилось формированием центральной горки, которая в районе её вершины представлена массивными кристаллическими известняками, в минимальной степени затронутыми процессами выветривания.

## Схематическая геологическая карта Патомского кратера в масштабе 1:500

(составили В.С. Антипин и А.М. Фёдоров)



Условные обозначения:

1 — кристаллические известняки с кварц-мусковит-карбонатными жилами (кольцевой ров); 2 — мелкозернистые кристаллические известняки с жилами кварца (поздний кольцевой вал и центральная горка); 3-4 — известняки с глыбами метаморфизованных песчаников и сланцев (центральная горка-3 и ранний кольцевой вал-4); 5 — внешний склон конуса; 6 — вмещающие известняки мариинской свиты протерозоя; 7 — прослой песчаников среди известняков; 8 — метаморфизованные песчаники; 9 — кольцевые и радиальные зоны разломов в пределах кратера; 10 — элементы залегания горных пород.

Так как возраст кратера имеет принципиальное значение, в 2008 г. В. И. Ворониным (СИФИБР СО РАН) был предпринят массовый отбор спилов наиболее

высоковозрастных лиственниц в нескольких метрах от внешней осыпи кратера и на самом кратере. В результате дендрохронологического анализа обосновано заключение, что около 500 лет назад в процессе формирования насыпного конуса и активной подвижки грунта произошел массовый вывал деревьев и появилось новое поколение лиственниц с возрастом 400–480 лет. Таким образом, период образования кратера можно отнести к концу XV — началу XVI в. На внешней осыпи кратера и раннем кольцевом валу наиболее старые деревья появились примерно 250–300 лет назад. Исследуемые В. И. Ворониным деревья зафиксировали в годичных кольцах периода 1841–1842 гг. событие катастрофического характера, вызвавшее различные их повреждения. Можно допустить, что время образования позднего кольцевого вала приходится на эти годы. Вполне обоснованным является вывод, что к этому времени был уже сформирован ранний кольцевой вал кратера, на породах которого выросло дерево с возрастом 236 лет. Поскольку на центральной горке деревья значительно моложе (71 год), вполне логично предположить, что она завершала полное формирование насыпного конуса. Таким образом, результаты дендрохронологического анализа дают все основания считать, что возраст кратера — порядка 500 или более лет. Подтверждается вывод геологов, что он формировался в течение продолжительного времени, и отдельные катастрофические события, связанные с различными этапами эндогенной активности и становления кратера, зафиксированы в древесно-кольцевой хронологии.

По результатам выполненных в Институте геохимии СО РАН анализов преобладающие на кратере породы соответствуют среднему составу известняков. Карбонатные породы из всех зон кратера, а также известняки из вмещающей толщи по среднему химическому составу существенно не различаются.

Наибольший интерес среди пород кратера по вещественному составу представляют отдельные глыбы песчаников и сланцев внутри насыпного конуса, вынесенные из более глубоких горизонтов при его формировании. Эти породы интенсивно карбонатизированы, и в них резко возросли содержания СаО, а также Sr по сравнению с этими же породами во вмещающей толще. В некоторых редких глыбах песчаников внутри кратера установлен также рост содержания Ва и особенно редкоземельных элементов по сравнению с их средним содержанием во вмещающих песчаниках. Особенно важным является распределение отдельных элементов группы железа в этих терригенных породах. По сравнению с песчаниками и сланцами за пределами кратера эти же породы на кольцевом валу насыпного конуса значительно обеднены указанными элементами. Например, индикаторный для метеоритов элемент никель уменьшает концентрации в песчаниках кратера в два раза, а в сланцах — почти в три раза по отношению к его содержаниям в этих же породах за пределами конуса.

Таким образом, установленная геологическая зональность в строении Патомского кратера выражается также в геохимических особенностях пород, слагающих структуру. Полученные данные базируются на современных методах анализа природных объектов. Во-первых, определена геохимическая специфика по ряду элементов известняков, песчаников и сланцев, распространенных в пределах кратера. Во-вторых, выделенные по геолого-петрографическим данным отдельные его зоны имеют различия редкоэлементного состава однотипных пород, что подтверждает одновременное образование этих зон. В-третьих, во всех породах Патомского кратера не обнаружена обогащенность элементами группы Fe, прежде всего Ni, что исключает возможность участия метеоритного вещества при его формировании.

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. О влиянии флюидного режима на процессы формирования Патомского кратера свидетельствуют также данные по содержанию общей серы. Установлено, что содержание серы в большинстве пород кратера варьирует в пределах 0,02–0,09 %. Показательно, что среди карбонатных пород фиксируется наибольшее обогащение серой известняков позднего вала и центральной горки (0,17–0,30 %), то есть на заключительных этапах становления Патомского кратера. По-видимому, выделение газа в пределах кратера продолжается, так как участники экспедиций при подъеме на кольцевой вал иногда ощущали запах сероводорода.

Другая важная геохимическая особенность пород Патомского кратера — их обогащенность Sr. Наибольшие концентрации Sr (часто выше 2000 г/т), которые значительно превышают средний уровень содержаний элемента в породах других регионов, определены в известняках кратера. Учитывая, что установлена прямая зависимость между содержаниями Sr и CO<sub>2</sub> в терригенных и карбонатных породах Патомского кратера, есть все основания считать, что обогащенность Sr исследуемых пород связана с воздействием на них глубинных флюидов, которое особенно отчетливо проявляется при процессах карбонатизации песчаников и сланцев внутри отдельных зон кратера. Эти процессы сопровождаются параллельным накоплением в песчаниках и сланцах, вынесенных с глубоких горизонтов при формировании Патомского кратера, как Ca, так и Sr, а также Ba, редких земель и др.

Таким образом, предполагаемая ранее метеоритная гипотеза происхождения Патомского кратера не подтверждается проведенными комплексными исследованиями. Уникальный по своим характеристикам геологический объект представляет собой кольцевую структуру центрального типа с насыпным конусом, сложенным известняками и другими горными породами. Патомский кратер формировался в течение продолжительного времени около 500 лет назад, и его образование связано с эндогенными процессами, главную роль в которых играло поступление глубинного потока газовых и флюидных компонентов. Установлено, что эруптивный материал в виде глыб песчаников и сланцев среди известняков, выведенный на современную поверхность, был интенсивно карбонатизирован. В результате в терригенных породах образовалась минеральная ассоциация карбонатных минералов: кальцит, сидерит, анкерит, флюорит. Обнаружение в пределах кратера отдельных глыб терригенных пород с аномальными геохимическими характеристиками дает возможность предполагать существование на глубине субвулканического магматического тела, определившего вещественные особенности пород Патомского кратера. Более детальные исследования позволят понять источники и природу эндогенных процессов, сформировавших этот удивительный природный феномен.

Экспедиции на Патомский кратер были организованы по инициативе газеты «Комсомольская правда» (2006–2010 гг.) и Председателя Совета Федерации С. М. Миронова (2010 г.). Автор выражает благодарность за возможность участия в них.

