

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ КАРСКОГО ИМПАКТНОГО СОБЫТИЯ

В.П. Лютоев

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, vlutoev@geo.komisc.ru

В качестве основных критериев степени ударного метаморфизма кристаллических пород используются данные о преобразованиях каркасных силикатов, особенно кварца, включающих различные деформации кристаллических решеток вплоть до полной аморфизации с формированием диаплектового стекла, лешательерита, появление высокобарических минеральных фаз коэзита и стишовита [Grieve, 1993]. В кальците из прослоек известняков на полуострове Юкатан, осажденных при формировании кратера Чиксулуб, методом ЭПР зафиксировано аномально высокое содержание сульфитных SO_3^- -радикалов [Grieve, 1993]. Предполагается, что обогащение кальцита SO_3^- -группировками происходило в результате конденсации пород мишени, испарившихся при ударе.

Одной из крупнейших импактных структур, входящих в первую десятку известных земных астроблем-гигантов, является Карская структура, расположенная в России на северо-востоке Югорского полуострова в районе устья р. Кара (рис. 1). Астроблема сформировалась в области палеозойской складчатости при падении космического тела вблизи рубежа мел-палеоген. Традиционно выделяются два самостоятельных одновременных кратера – Карский и Усть-Карский. Современный видимый диаметр Карского кратера составляет 60–65 км. Считается, что основная часть Усть-Карского кратера диаметром около 25 км скрыта под водами Карского моря, однако фактически это не подтверждено. Более вероятно, что Карский кратер представляет собой центральную часть депрес-

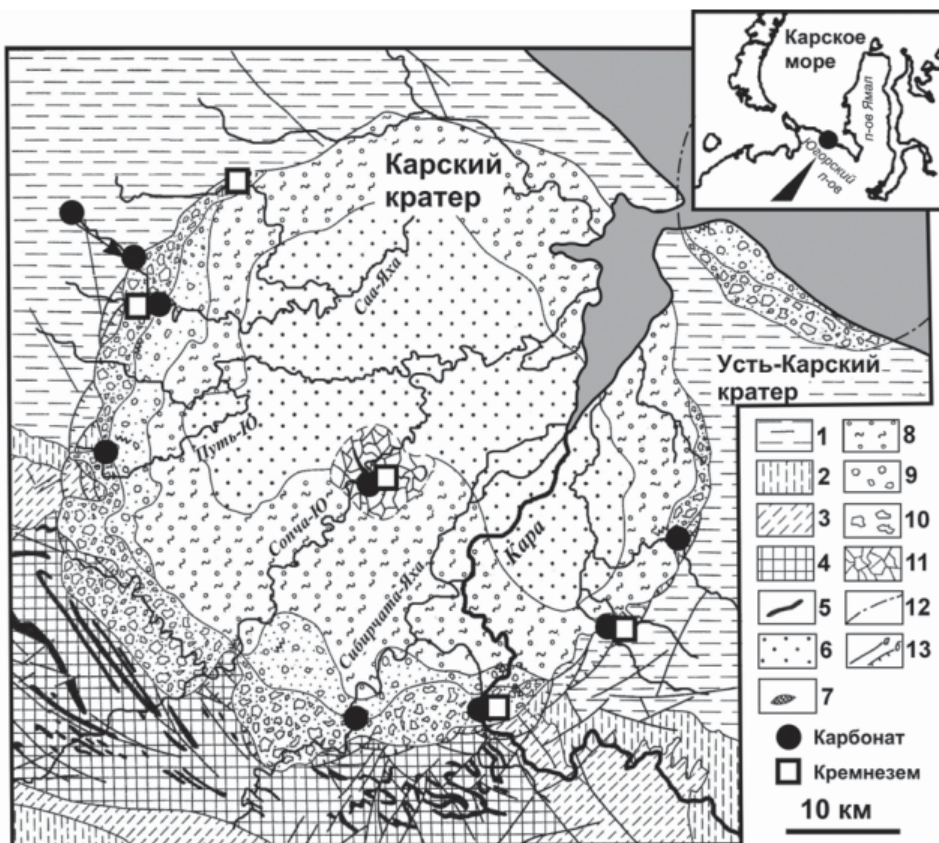


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Карской астроблемы [1] и точки опробования. 1–5 – цокольный комплекс: 1 – песчаники, алевролиты, аргиллиты, глинистые сланцы нижней перми; 2 – каменноугольные углисто-глинистые и углисто-кремнистые сланцы; 3 – глинисто-кремнистые сланцы, известняки и кварцитовидные песчаники девона; 4 – глинисто-кремнистые, графито-кремнистые и известковистые сланцы, известняки силура и ордовика; 5 – позднедевонские долериты и габбро-долериты; 6–10 – коптогенный комплекс: 6 – псаммито-алевролитовые брекчии; 7 – тагамиты; 8 – лапшилиево-агломератовые зювиты; 9 – глыбовые зювиты; 10 – глыбовые брекчии, мегабрекчии и клиппеновые брекчии; 11 – катаклазированные породы цокольного комплекса; 12 – предполагаемые границы Усть-Карской астроблемы; 13 – разрывные нарушения (а – разломы, б – надвиги)

сии диаметром 120 км, а катаклазированные породы Усть-Карского кратера являются остатками внешней части астроблемы [Импактные..., 1990; Назаров и др., 1993]. Формирование Карского кратера происходило в шельфовых условиях с последующим интенсивным гидротермальным преобразованием пород [Наумов, 1996], поэтому первичные структуры ударного метаморфизма кварца обнаруживаются довольно редко. Тем не менее, в карских импактатах в основном петрографическими методами выявлены диаплектовые стекла, коэсит и стекла плавления [Импактные..., 1990].

Нами наряду с традиционными методами анализа шлифов рассмотрены возможности выявления следов ударного метаморфизма в импактатах Карской астроблемы с помощью рентгенофазного анализа, ИК- и рамановской спектроскопии, ЭПР. Коллекция кремнеземистых и карбонатных обособлений в импактатах была собрана совместно с Н. П. Юшкиным в период полевых экспедиционных работ 1993 г. (рис. 1). Пробы кремнезема представляли ряд импактных преобразований кварца – от сохранивших свое первоначальное строение кварцевых жил

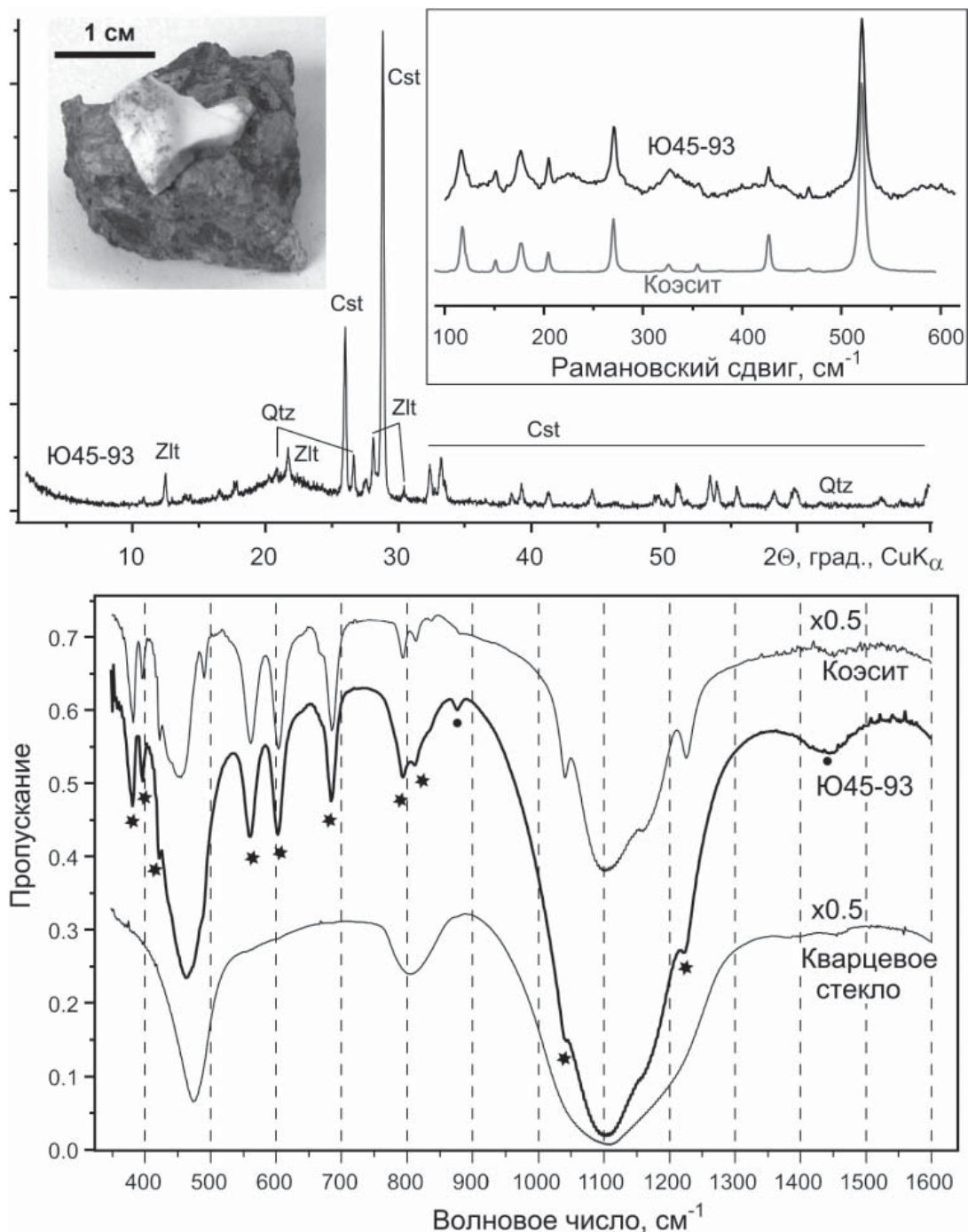


Рис. 2. Рентгенограмма, спектры комбинационного рассеяния и ИК-поглощения обр. Ю45-93. Cst – рефлексы коэсита; Qtz – кварца; Zlt – цеолита. На ИК-спектрах точкой отмечены полосы поглощения карбоната, звездочкой – коэсита. Для сравнения приведены эталонные спектры кварцевого стекла и коэсита

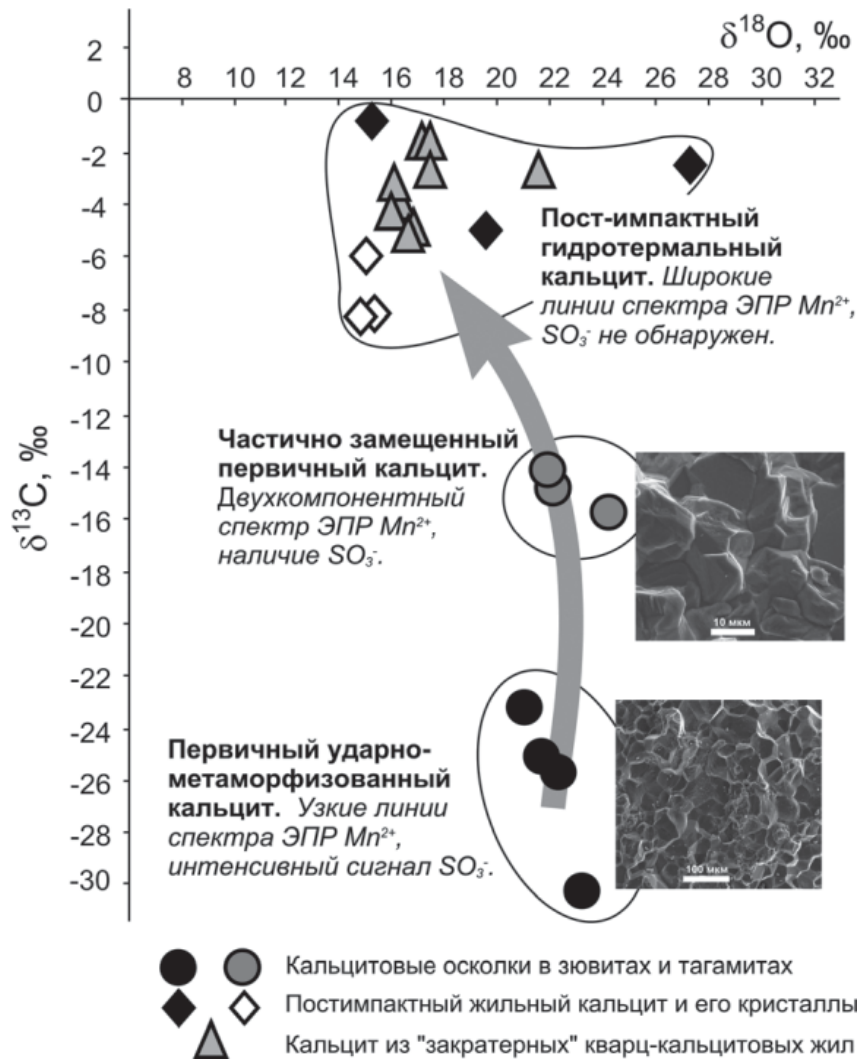


Рис. 3. Соответствие типизации кальцита Карской астроблемы по изотопному составу ($\delta^{13}\text{C}$ – $\delta^{18}\text{O}$) и характеристикам ЭПР

до сильно преобразованных кварцевых осколков, а также отложений кремнезема в постимпактном гидротермальном процессе. Карбонатная часть коллекции включала импактные литокласты в зювитах, постимпактные гидротермальные жильные агрегаты и кристаллы кальцита в зювитах и тагамитах, серию «закратерных» кальцитовых жил. Образцы были изучены петрографическими методами в шлифах (микроскопы НЕОФОТ, POLAML213-М и OLYMPUS BX51) и на электронном микроскопе Jeol JSM-6400 Link ISIS-200. С учетом данных микроскопических исследований, были подготовлены препараты для диагностики минеральных фаз методами рентгеновской дифракции (Shimadzu XRD–6000, CuK_α) и ИКС (фурье-спектрометр ИнфраЛюм ФТ–02). Для уточнения фазового состава на микроуровне применялась рамановская спектроскопия (Horiba, Jobin Yvon, LabRam HR 800).

Систематическое применение современных структурно-чувствительных методов анализа минерального

вещества в комплексе с петрографическим изучением шлифов и электронно-микроскопическими наблюдениями на довольно ограниченном фактическом материале позволило обнаружить реликты продуктов разных степеней шоковых преобразований кварцевых и карбонатных пород мишени при формировании Карской импактной структуры.

При анализе различных обособлений кремнезема в породах цокольного и коптогенного комплексов структуры выявлены следующие следы шокового метаморфизма: планарные трещины и планарные деформационные элементы, маркирующие низкопараметрические преобразования; сохранившийся коэзит в составе нераскристаллизованных диаплектовых стекол, возникший в результате экстремально ударного сжатия пород; раскристаллизованные стекла плавления кварц-содержащих пород в зонах развития высоких температур (рис. 2). Охарактеризованы типичные продукты новообразования кремнезема на гидротермальной стадии эволюции кратера, иници-

рованной импактным процессом. Они представлены выделениями халцедона и низкоупорядоченного волокнистого кристобалита – люссатита, развитыми по кремнеземным обособлениям коптогенного комплекса.

В отличие от кремнезема, относительно легко преобразуемые карбонатные породы не сохранили реликты трансформированной в стрессовых условиях кристаллической структуры. В периоды релаксации пород кратера и ударно-стимулированной гидротермальной активности в нем карбонат быстро рекристаллизуется и переотлагается. Обнаружено, что импактная и последующая эволюция карбонатных пород, в частности кальцита, отмечена изменениями концентрации примесных ионов марганца и внедренных в его структуру при ударном процессе сульфат-ионов. Первичный ударно-метаморфизованный кальцит и его постимпактные гидротермальные образования аналогичным образом дифференцированы по изотопному составу углерода и кислорода. Дифференциация свойств карбонатов, по данным ЭПР-спектроскопии, согласована с изменениями изотопного состава углерода и кислорода. Данные ЭПР и изотопии отвечают модели двухстадийного формирования карбонатной минерализации, инициированной импактным событием: неполная импактная термодиссоциация первичного кальцита с появлением реликтового изотопно легкого по углероду карбоната и в дальнейшем появление эпигенетической карбонатной минерализации путем кристаллизации из ударно-стимулированных гидротермальных растворов. Совпадение данных изотопии и ЭПР-спектроскопии кальцита «закратерных» кварц-карбонатных жил и жил, развивающихся по породам коптогенного

комплекса в современных границах распространения импактитов, указывает на принадлежность первых к стадии ударно-стимулированной гидротермальной минерализации, что согласуется с гипотезой значительно большего исходного диаметра структуры.

Структурные и спектроскопические характеристики импактитов, отвечающих разной степени шокового метаморфизма горных пород Карской астроблемы, могут быть использованы в качестве эталонных для выявления и диагностики аналогичных образований за пределами видимой границы астроблемы и аналогичных образований в других импактных структурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Импактные кратеры на рубеже мезозоя и кайнозоя / Под ред. В.Л. Масайтиса. Ленинград: Наука, 1990.
2. Назаров М.А., Бадюков Д.Д., Алексеев А.С. и др. Карская ударная структура и ее связь с мел-палеогеновым событием / Бюл. МОИП. Отд. геол., 1993. Т. 68. Вып. 3. С. 13–32.
3. Наумов М.В. Основные закономерности постимпактного гидротермального процесса // Астрономический вестник, 1996. Т. 30, № 1. С. 25–32.
4. Grieve R. A. F. Extraterrestrial impact events: the record in the rocks and the stratigraphic column // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1997. V. 132. P. 5–23.
5. Griscom D.L., Beltrán-López V. ESR Spectra of limestones from the Cretaceous-Tertiary Boundary: Traces of a Catastrophe // *Advances in ESR Applications*. 2002. V. 18. P. 57–64.