

ЛАДОЖСКАЯ АСТРОБЛЕМА

(продолжение, начало в Вестнике т.4. №10:1997-2018)

В.Юрковец

valery.yurkovets@gmail.com

Вопреки ожиданиям, статья «Ладожская астроблема» не заинтересовала специалистов Лаборатории метеоритики ГЕОХИ РАН. В ответ на мою просьбу прокомментировать статью, опубликованную в Вестнике Российской Академии ДНК-генеалогии (Юрковец, 2011) я получил от одного из сотрудников официальный ответ в двух письмах, содержательные выдержки из которых привожу ниже:

«Здравствуйте, Валерий. Принадлежность депрессии к астроблемам можно доказать лишь присутствием импактного материала. Озеро Янисярви поблизости - действительно астроблема и там встречаются и импактиты и конуса сотрясения.
...

...
По вопросу образования Ладогги не смогу Вам ответить. ... Однако, есть четкие признаки, по которым можно определить, является ли депрессия астроблемой или нет (планарные элементы в кварце, наличие шоковых трещин и конусов сотрясения в породе, присутствие ударного расплава, брекчирование пород). Ни один из этих признаков в статье не указан. При ударных событиях такого масштаба, ударник (сам астероид) полностью разрушается и испаряется, превращая в расплав земную породу, в сотни раз превышающую его по массе. Для Скандинавии, вследствие воздействия ледникового переноса, характерно отложение импактитов в юго-восточной границе кратеров. Вопрос - где они? Крупные неокатанные валуны в Карелии не редкость. По поводу фотографий микрометеоритов - на самом деле, это окисленные сульфидные нодули в породе - характерное земное образование.

С уважением, (имя, фамилия, должность).»

Как видно, никакие структурные соображения не смогут заинтересовать Лабораторию метеоритики ГЕОХИ РАН, если нет бесспорного импактного материала. И хотя наличие неокатанных валунов в Карелии признаётся, однако почему их нельзя отнести к искомым брекчированным породам импактного происхождения (о чём сказано в предыдущей статье), в ответе не сказано. Не предложено и хоть какого-то альтернативного объяснения их происхождения, что по умолчанию можно принять за согласие с тем, что они являются ударными образованиями – аллогенной импактной брекчией.

Также обойдено молчанием и свидетельства современной вулканической деятельности на Ладого, очевидно, по причине того, что эта проблема не является профильной для лаборатории.

Что касается предложенной версии о сульфидных нодулях (стяжениях, желваках), то она, разумеется, была в числе первых с самого начала. Однако есть очевидные макро- и микроскопические признаки, которые не позволяют уверенно отнести предполагаемый «микрометеорит» к исключительно земным образованиям. Об этом будет сказано в отдельной публикации.

Итак, «программа дальнейших исследований», следующая из ответного письма Лаборатории метеоритики ГЕОХИ РАН, заключается в поиске

дополнительных более надёжных признаков того, что ладожская депрессия является астроблемой. А именно - **планарных элементов в кварце, наличия шоковых трещин и конусов сотрясения в породе, присутствия ударного расплава.**

Что касается брекчированных пород, в изобилии распространённых в окрестностях Ладоги, то этот вопрос, на мой взгляд, можно считать решённым – это импактная аллогенная брекчия, поскольку никаких возражений на этот счёт не последовало.

Для поиска и отбора образцов, могущих содержать перечисленные признаки, после предварительного изучения топографического и геологического материала, был выбран маршрут вдоль западного побережья Ладоги внутри кальдеры взрыва. Т.е. в зоне наиболее вероятного нахождения импактного материала, Рис.1.

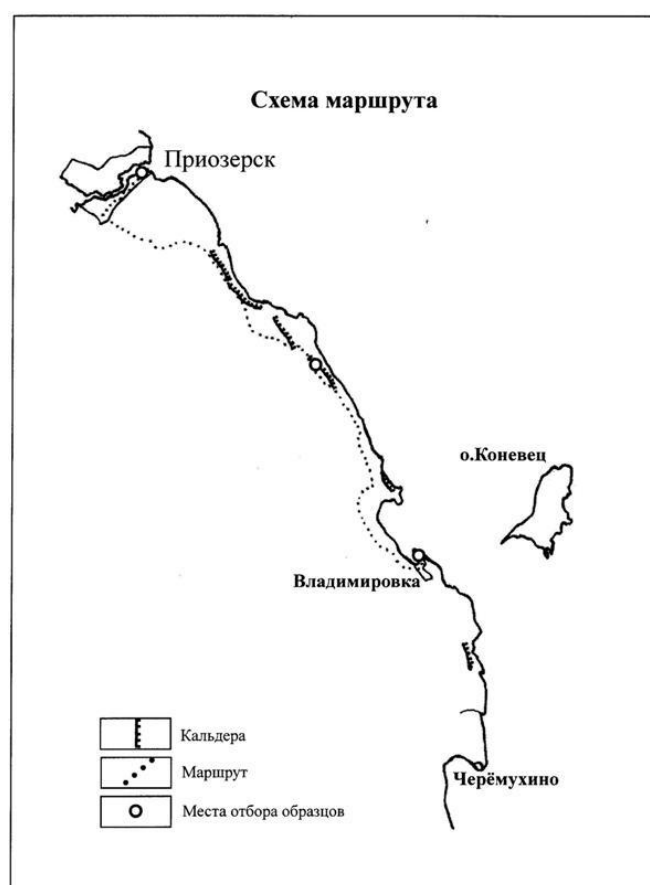


Рис.1 Схема маршрута

На Структурно-тектонической схеме и предполагаемой Схеме геологического строения Ладожской астроблемы (Юрковец, 2011) можно видеть, что часть кальдеры захватывает сушу в западной части ладожского побережья примерно от населённого пункта Черёмухино на юге до г. Приозёрска на севере. Между ними находится с. Владимировка, частью своей расположенная на мысу Владимировский, который вдаётся в Ладогу и образует закрытую бухту напротив острова Коневец. Она была выбрана отправной точкой маршрута как самый восточный, следовательно, наиболее близкий к центру кальдеры участок суши. Приозёрск был конечной точкой.

Дополнительным аргументом в пользу выбора данного маршрута является ещё одно обстоятельство. Вдоль линии Черёмухино-Приозёрск на топографической карте масштаба 1:200000 (Ерохин, 1996) показана цепочка обрывов, обращённых в сторону Ладоги, но удалённых от её береговой линии на расстояние, примерно соответствующее расстоянию до границы кратера на Структурно-тектонической схеме Ладожской астроблемы. Эти обрывы могут быть сохранившимися участками кальдеры взрыва.

По прибытии на место выяснилось, что таковыми они, скорее всего и являются: обрывы представляют собой внутреннюю, более крутую стенку многокилометрового вала. Внешняя сторона является более пологой (Рис.2 и Рис.3), как и положено для кратера. Но также отчётливо выраженной в рельефе. Т.е. то, что на карте показано как обрыв, морфологически идеально соответствует внутренней стенке кратера, которая трассируется на суше на расстоянии около 35 километров – от начала первого «обрыва», находящегося между сёлами Черёмухино и Владимировка до конца последнего, не доходящего около 3 километров до устья р. Вуоксы в Приозерске. Здесь как раз и заканчивается «сухопутная» часть кратера взрыва.



Рис.2 Внутренняя стенка кратера, обращённая к Ладоге



Рис.3 Внешний более пологий склон кратера. Внизу дорога Владимирское-Приозерск

Вдоль дороги от с. Владимировка до Приозёрска вся площадь перекрыта чехлом четвертичных ледниковых отложений, поэтому найти естественные выходы коренных пород здесь не предполагалось ещё при планировании маршрута. По этой причине всё внимание было обращено на то, чтобы найти на этой линии искусственные врезы в рельеф, а также попытать счастья в районе мыса Владимировский – среди переотложенного и отсортированного материала волноприбойной зоны. Где, надо отметить, и было отобрано основное количество импактного материала – конусы сотрясения в сланцах, частично оплавленная импактная брекчия рифейских(?) песчаников с шок-структурами в кварце и один образец тагамита.

Вторая точка, где были найдены ещё один обломок подобного песчаника и обломок сланца с приличной (около 10 сантиметров) отметиной от удара микрометеорита, находится в месте пересечения дороги Владимировка-Приозёрск с валом кратера, в борту вреза дороги в его внешний склон (см. Схему маршрута).

И, наконец, ещё один – третий образец точно такого же песчаника был найден вблизи устья р. Вуокса в Приозёрске в месте расчистки участка под строительство.

Из образцов были изготовлены шлифы:

№1 – тагамит, мыс Владимирский;

№2 – песчаник, мыс Владимирский;

№3 – конус сотрясения, мыс Владимирский (два шлифа);

№4 – место удара микрометеорита в сланце, кальдера;

№5 – песчаник, устье Вуоксы.

Самым интересным оказался **образец №1**. Макроскопически – по цвету, текстуре – он очень похож на излившийся базальт, Рис. 4.



Рис. 4 Образец №1, тагамит.
Размер по длинной оси - 11 см

Однако то, что снаружи выглядело как пустоты пористой текстуры, внутри оказалось заполненным рыхлым, импактно переработанным материалом, в том числе кварцем с шокowymi трещинами и планарными элементами, а также ударным расплавом – стеклом.



Рис.5 Образец №1, пришлифовка. На фото видно, что материал миндалинов выветривается быстрее, чем материал основной матрицы

Количество импактного стекла в таких миндалинах достигает 50%. При этом основная матрица представлена раскристаллизованной массой со значительным – до 30% - количеством рудного немагнитного минерала.

Миндалины, в основном, имеют каплевидную, ориентированную поперёк плоскостей отдельности форму и достигают размера до полутора сантиметров вдоль длинной оси, что можно видеть как на фото № 4, так и на пришлифовке, сделанной с обратной стороны, Рис. 5.

Материал, которым заполнены миндалины, по составу в целом соответствует легко выветриваемому зювиту – породе ударного происхождения. В шлифе видно, что в нём присутствует импактное стекло в достаточных для зювита количествах, кварц с шок-структурами, другие минералы породы мишени, Рис.6 - 7.

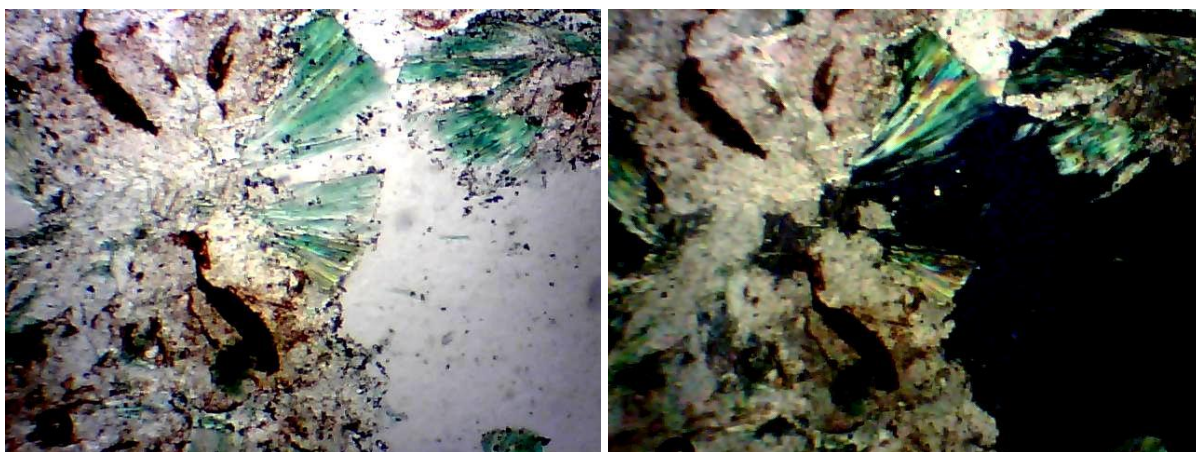


Рис.6 Фрагмент миндалины с импактным стеклом.
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора.

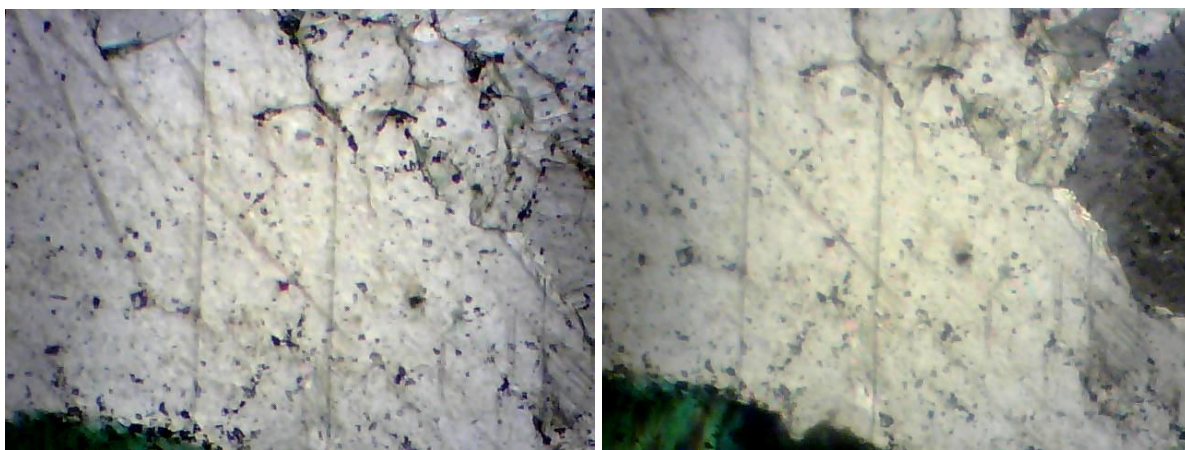


Рис.7 Планарные элементы в кварце.
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

По всему контуру миндалины наблюдаются инъекции рудного минерала матрицы внутрь миндалины. Одна из инъекций показана ниже, Рис.8.

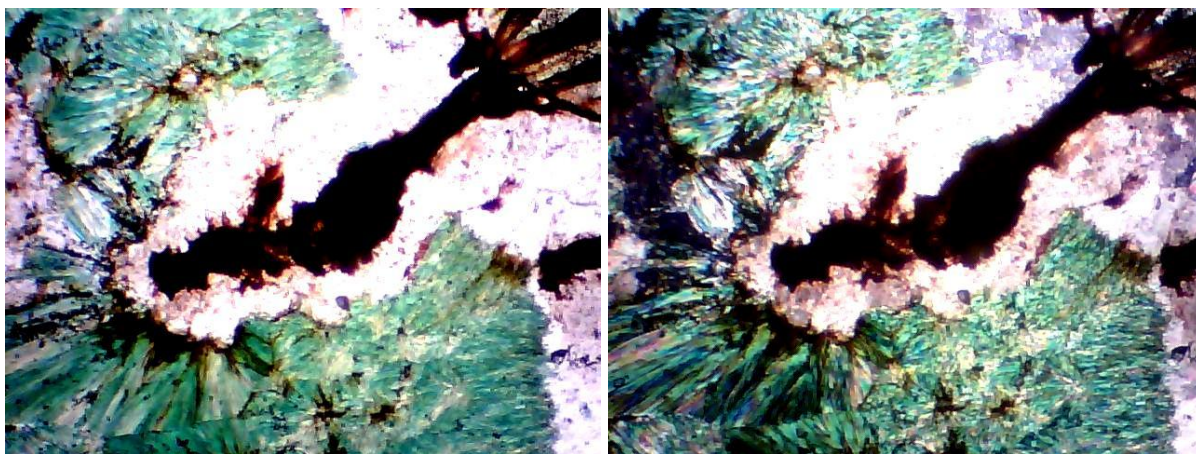


Рис.8 Инъекции рудного минерала в миндалину
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

Матрица тагамита, как уже сказано, представлена частично раскристаллизованной массой, в которой присутствует стекло и значительное (до 30%) количество немагнитного рудного минерала, Рис.8. Поскольку в породах мишени такое количества рудных минералов не встречается, то, по крайней мере, для части из них можно предполагать метеоритное происхождение.

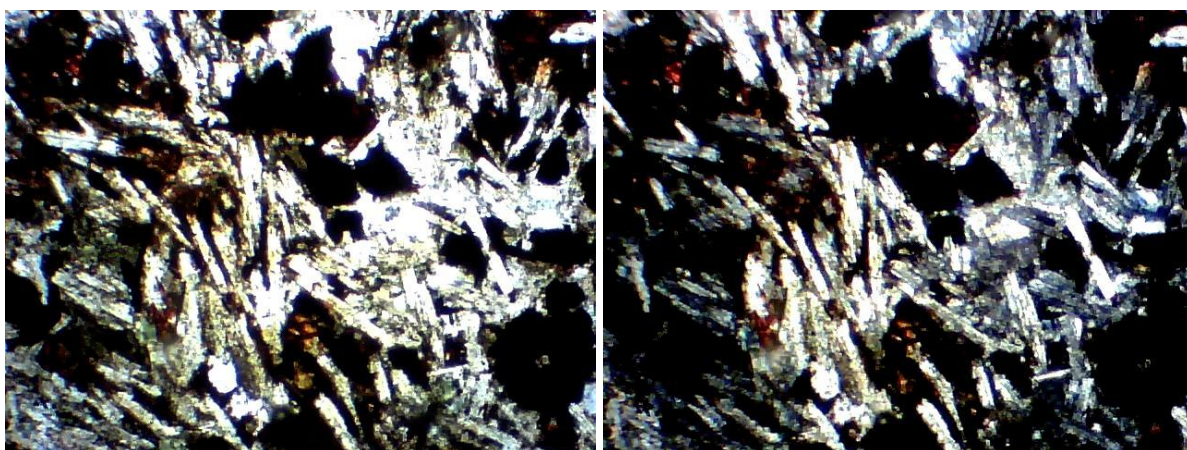


Рис.9 Основная матрица тагамита.
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

Одна из миндалин не менее, чем на 50% состоит из ударного расплава. По её контуру расположен трещиноватый кварц (Рис.10 – 12) который, в свою очередь, также окружён кольцом рудного минерала. Внутренняя часть миндалины выполнена импактным расплавом, который разделён на две примерно равные половины такой же полосой трещиноватого кварца.

На Рис. 11 в нижнем зерне кварца просматриваются две системы планарных элементов.

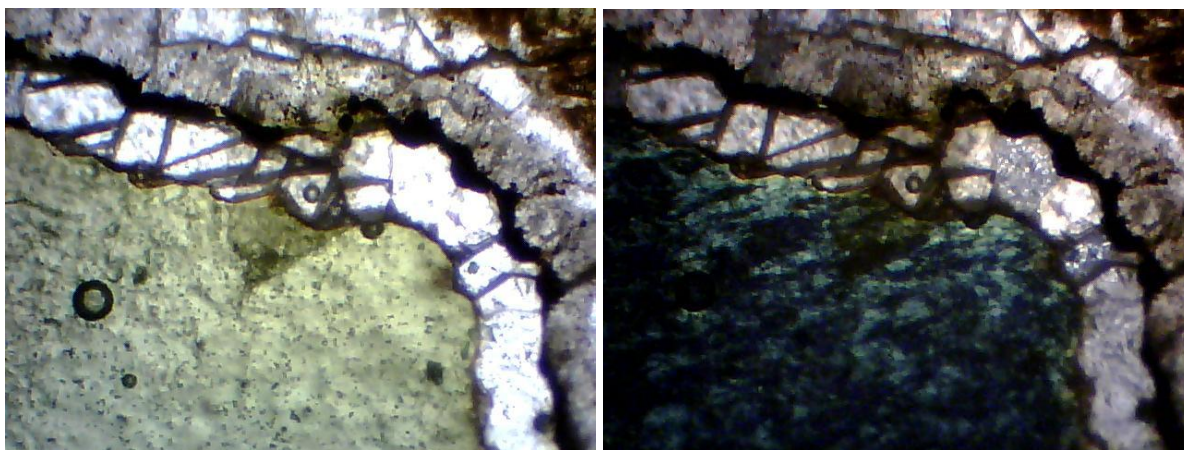


Рис.10 Фрагмент края миндалины с импактным расплавом
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

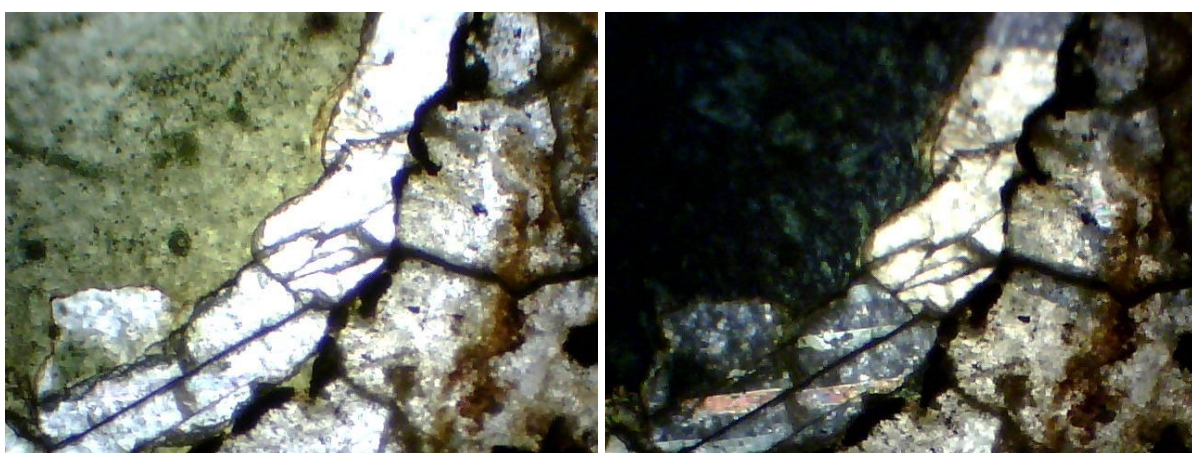


Рис.11 Другой фрагмент с планарными элементами в кварце
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

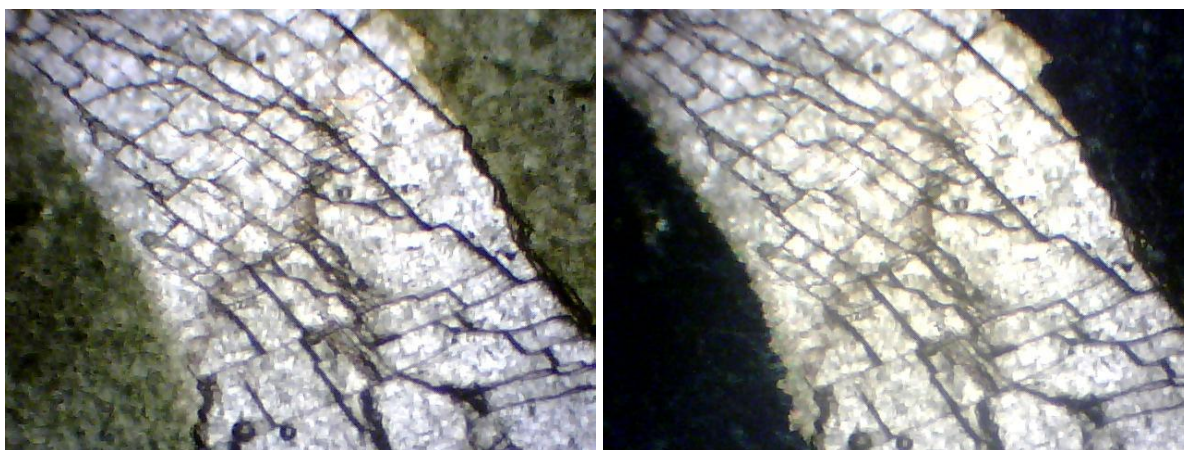


Рис.12 Поперечная полоса трещиноватого кварца в импактном расплаве
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

Образец тагамита немагнитен.

Образец №2 является обломком рифейского песчаника. Таких образцов всего найдено три – по одному в каждой из трёх точках отбора. Макроскопически все они одинаковы - как по облику, так и по составу. Для двух из них (Рис.13 и Рис.22), разделённых расстоянием 28 км, сделаны шлифы.

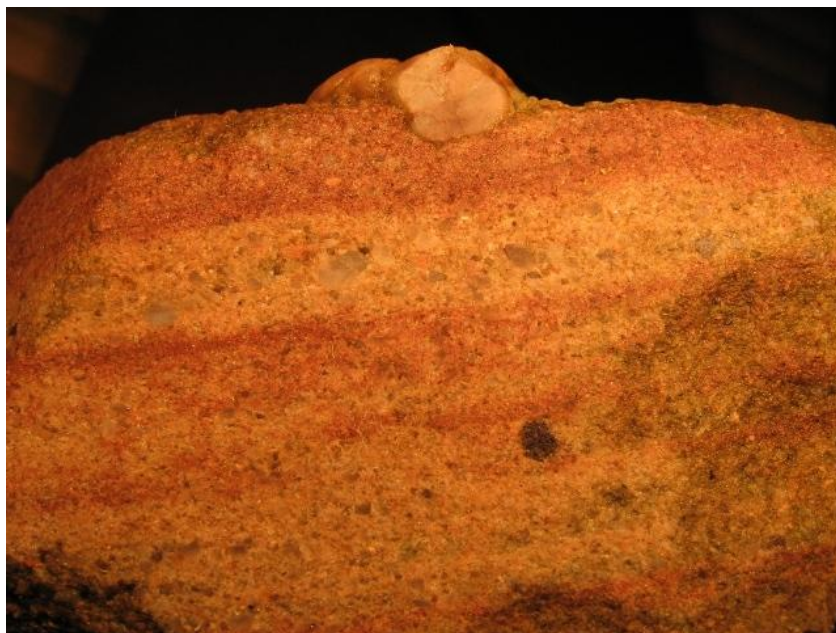


Рис.13 Образец №2, обломок песчаника
Размер представленного на фото фрагмента 10 см

Очевидно, данный образец является фрагментом импактной брекчии. На его поверхности есть оплавленные участки, в которых составляющие образец минералы превратились в стекло, Рис.14.

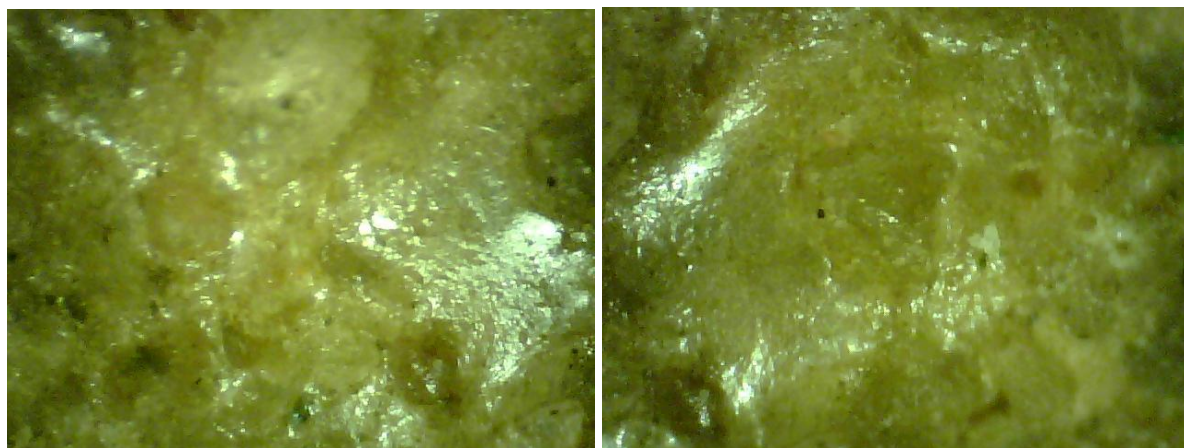


Рис.14 Стекло на поверхности песчаника.
Размер по горизонтали 3 мм

В шлифе можно видеть импактный расплав, трещиноватость и планарные элементы, а также диаплектовые (Ernstson Claudin Impact Structures, 2011a) изменения в кварце, Рис.15-16.

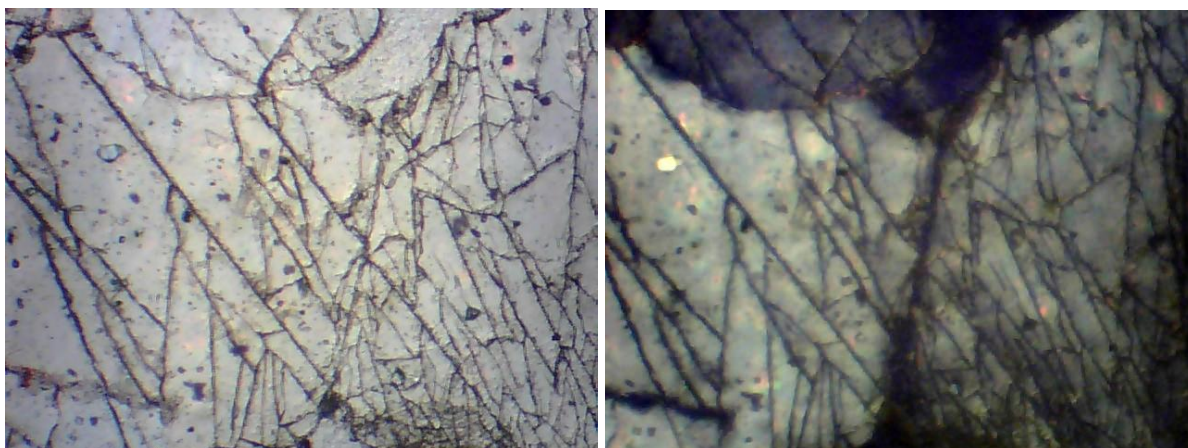


Рис.15 Песчаник. Фрагмент шлифа
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

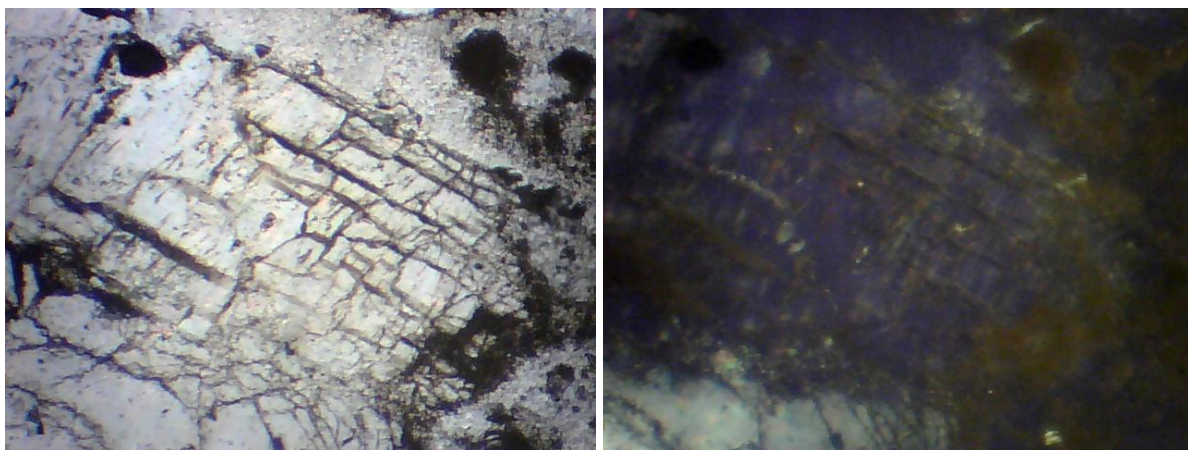


Рис.16 Песчаник. Фрагмент шлифа
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

Третий образец – конус сотрясения в сланце, рис.17. Трещиноватая – в основном по поверхности - порода. Внутренняя часть более массивная.



Рис.17 Образец №3, конус сотрясения. Размер по длинной оси 16 см

Изготовлено два шлифа - вдоль и поперёк сланцеватости.

На двух фрагментах шлифа, выполненного вдоль сланцеватости видно, что трещины ориентированы примерно в одном направлении – в основном под углом около 15 градусов к сланцеватости, Рис.18-19.

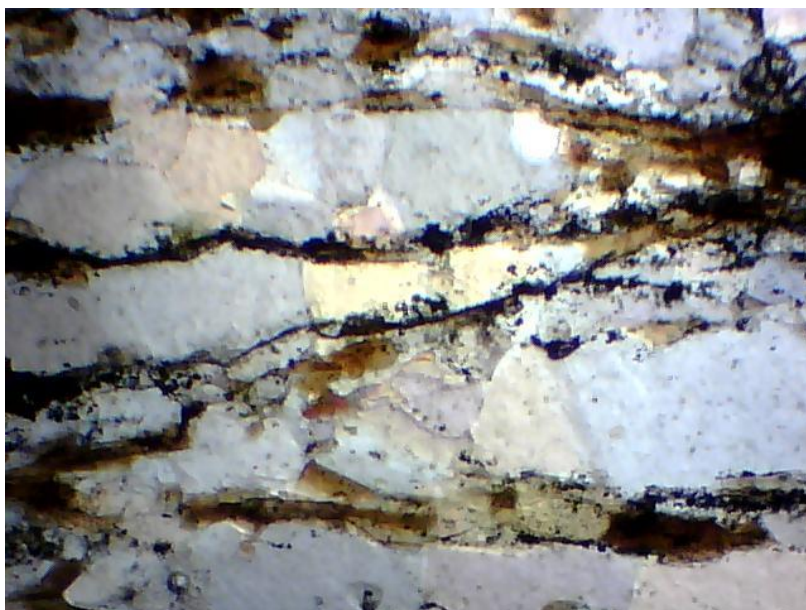


Рис.18 Фрагмент шлифа с микротрещиной в сланце (в центре).
Трещина сечёт направление сланцеватости. Размер по горизонтали 1,3 мм

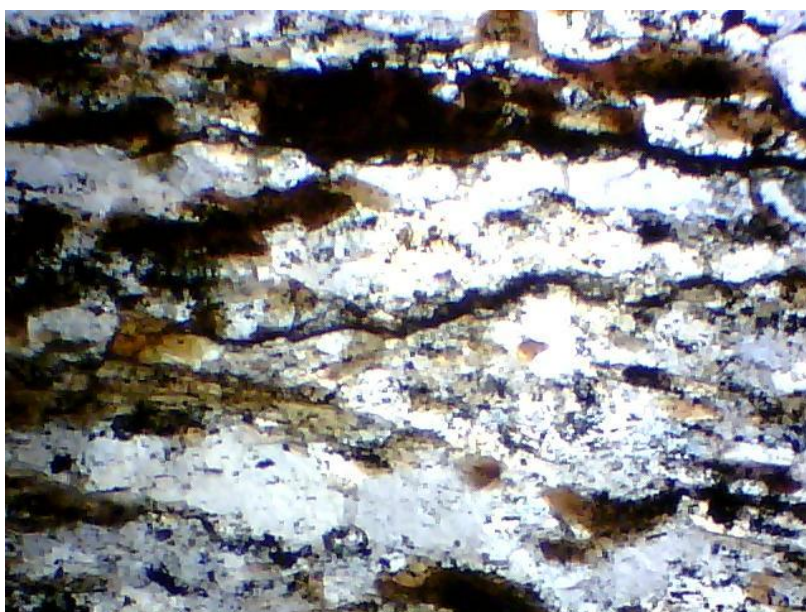


Рис.19 Фрагмент шлифа с двумя микротрещинами в сланце.
Трещина сверху – вдоль сланцеватости, в центре - сечёт направление сланцеватости.
Размер по горизонтали 1,3 мм

На шлифе, выполненном поперёк сланцеватости, микротрещины встречаются реже и представлены, в основном, концентрическими направлениями, от которых можно наблюдать радиальные ответвления, Рис.20.

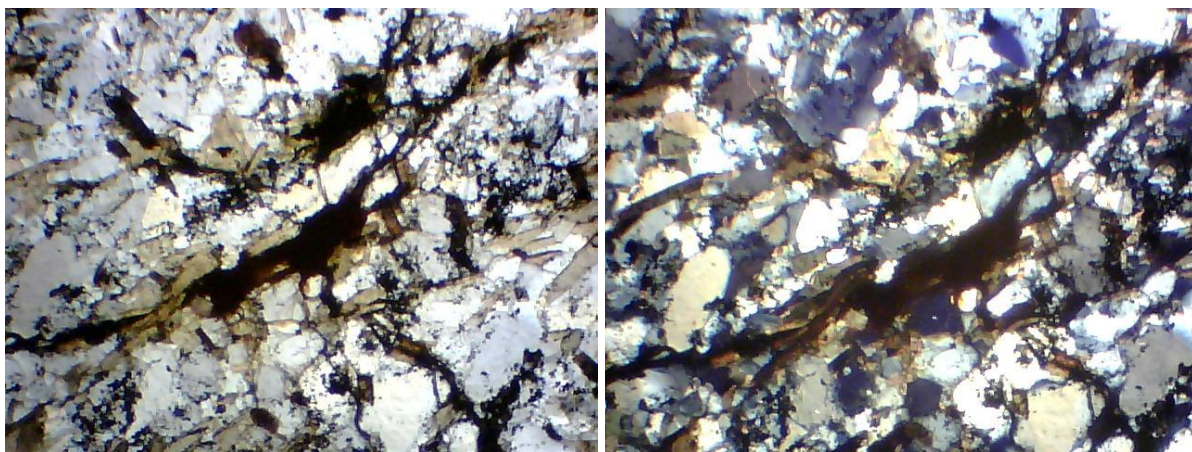


Рис.20 Фрагмент шлифа, выполненного поперёк сланцеватости. Видны концентрическая и радиальная трещины. Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора. В месте пересечения трещин – рудный минерал

Четвёртый образец – сланец с «нашлёпкой» от удара небольшого метеорита, Рис. 11. Такие образцы с небольшими (до 3-х – 4-х сантиметров) следами удара микрометеоритов описаны в предыдущей статье.



Рис.21 Образец №4, сланец со следом удара небольшого метеорита. Поперечный размер 13 см

Отличие этого образца состоит том, что в данном случае след от удара составляет около 10 сантиметров, следовательно, его воздействие было более мощным и могло в большей степени отразиться на внутренней структуре породы мишени. Непосредственно в месте удара был выпилен небольшой фрагмент, из которого был изготовлен шлиф.

В шлифе видно, что место удара запечатлело примерно такие же шок-преобразования, как и в песчаниках – трещиноватость, импактный расплав, планарные элементы и диаплектовые изменения в кварце, инъекции рудного минерала в породу мишени, Рис.22.

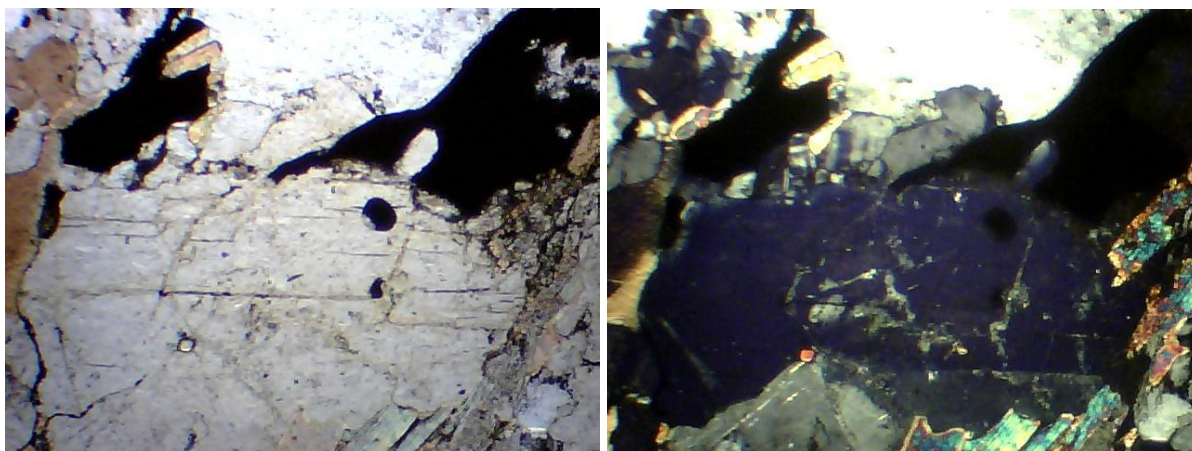


Рис.22 Фрагмент шлифа в месте удара.
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

Образец №5 – обломок рифейского песчаника. Визуально и микроскопически аналогичен образцу №2 (Рис.13).



Рис.23 Образец №5, обломок песчаника
Размер по горизонтали 14 см

В шлифе - то же наличие шоковых трещин, планарных элементов и импактного расплава, Рис. 24-25. Наличие потемнений вплоть до чёрного цвета в зёрнах кварца указывает на диаплектовые изменения.

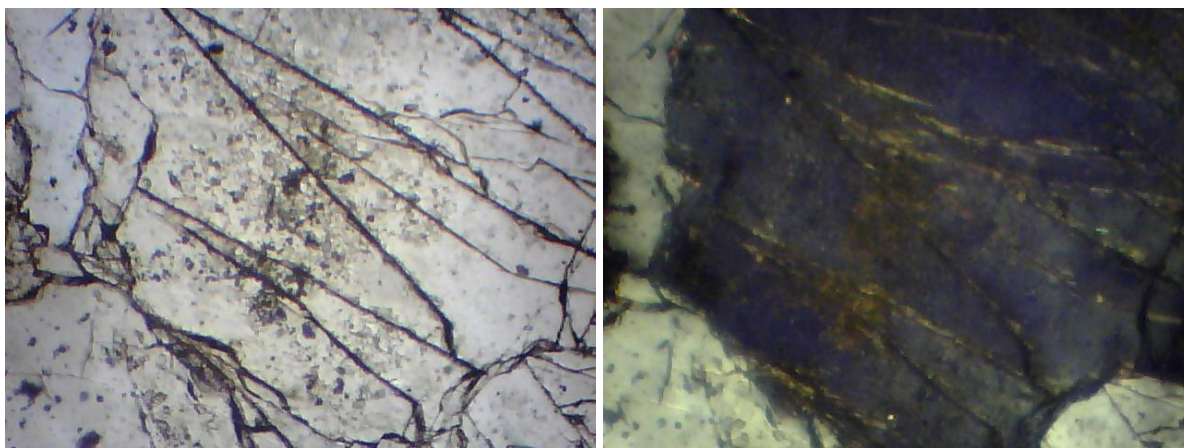


Рис.24 Песчаник. Фрагмент шлифа.
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

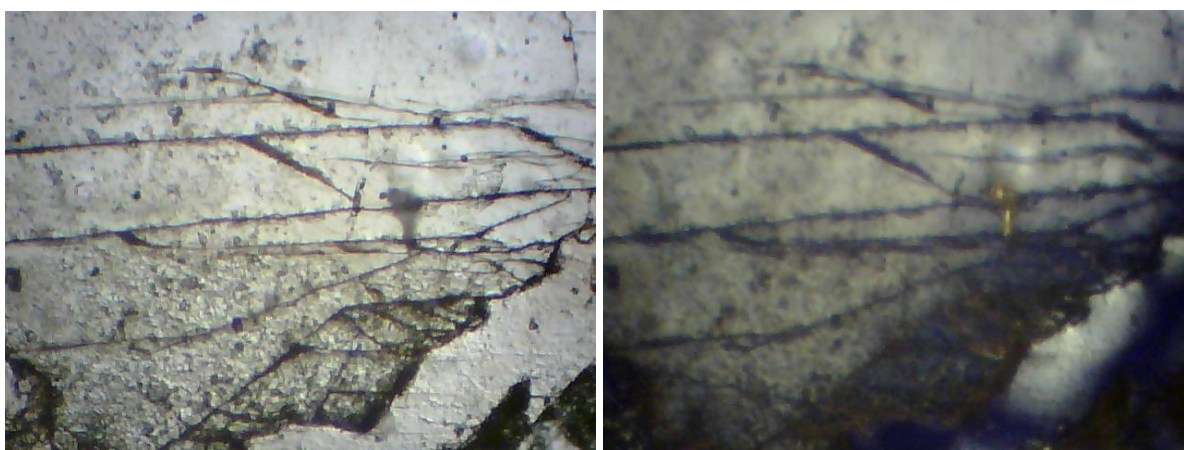


Рис.25 Песчаник. Фрагмент шлифа.
Размер по горизонтали 1,3 мм. Справа с анализатором, слева без анализатора

Здесь следует отметить, что визуально диаплектовые потемнения в кварце (как в этом шлифе, так и в других шлифах, представленных выше) проявляются в виде неокрашенных потемнений разной интенсивности - от тёмно серого до чёрного цвета, однако камера во всех таких случаях фиксирует фиолетовый оттенок. Какова бы ни была причина этого явления (например, особенности светочувствительной матрицы камеры), она не мешает диагностике импактных преобразований, т.к. наблюдается только в импактно изменённом кварце.

Кроме представленных выше, существует ещё одно очевидное доказательство того, что котловина Ладожского озера действительно имеет импактное происхождение. Это многочисленные валуны, несущие следы импактного расщепления («impact spallation»), которое вызывается так называемыми «волнами разрежения» во время ударного кратерообразования. Такие образцы, также как и импактная брекчия, во множестве наблюдаются в окрестностях Ладоги. Механизм этого расщепления описан в работе «Impact

spallation in nature and experiment» (Ernstson Claudin Impact Structures, 2011b), где указывается, что вблизи поверхности мишени, где напряжение растяжения является максимальным, происходит отслоение тонких пластин импактного расщепления. Это явление наблюдается в окатанных валунах, которые чаще всего имеют сферическую форму.

К сожалению, абсолютное большинство таких образцов невозможно однозначно классифицировать, т.к. трудно найти в одном месте и валун, и пластины отщепления, поскольку практически весь импактный материал подвергся переносу. Однако в месте пересечения дороги Владимировка-Приозёрск с кратером (вторая точка отбора образцов) удалось найти вполне представительный образец такого ударного образования – валун вместе с одной отслоившейся пластиной и - параллельной ей - ещё одной плоскостью расщепления, Рис.26.



Рис.26 Пример «импактного расщепления». Размер валуна около 40 см

В заключение следует отметить, что в данной работе представлены только предварительные и самые поверхностные результаты исследования образцов. Однако эти результаты, без всякого сомнения, подтверждают предложенную ранее - исходя из геолого-структурных и геоморфологических предпосылок - гипотезу импактного происхождения котловины Ладожского озера.

Литература:

Ерохин С., (под ред.) 1996. Ленинградская область, топографическая карта. Масштаб 1:200000. Военно-топографическое управление Генерального штаба

Юрковец В.П., 2011. Ладожская астроблема. Вестник Российской академии ДНК-генеалогии, 4(10):1997-2018

Ernstson Claudin Impact Structures, 2011a. Impact structure and meteorite crater glossary, <http://www.meteorite-craters.impact-structures.com/gloss/gls.html>

Ernstson Claudin Impact Structures, 2011b. Impact spallation in nature and experiment, <http://www.impact-structures.com/category/impact-highlights/>