



НОВЫЕ ДАННЫЕ О КОНУСАХ РАЗРУШЕНИЯ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

✉ Болтрамович С.Ф., Рубинов Л.Б.

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

✉ s.boltramovich@spbu.ru

Конусы разрушения (shatter cones) являются признаком ударного метаморфизма и обычно рассматриваются в контексте импактных (метеоритных) структур. Однако они могут образоваться и другим путем. В последние годы очень похожие образования на валунах гранита рапакиви, общим числом более ста, были описаны в разных местах Ленинградской области: на о. Мощный (Внешние острова Финского залива), на берегу Финского залива в поселке Форт Красная Горка, на берегу Сайменского канала (северная окраина Выборга) и по берегам протоков между озерами севернее поселка Вещево. Проведен первичный статистический анализ обнаруженных структур и выдвинуты гипотезы их происхождения. Наиболее вероятен ударный генезис за счет перемещения валунов вниз по склону или в сильном водном потоке. Эксперимент показал, что конусы разрушения на валунах рапакиви могут образоваться и при сравнительно слабых ударах.

Ключевые слова: конусы разрушения, валуны гранита рапакиви, ударный метаморфизм, гипотезы образования, Ленинградская область

Конусами разрушения (син. конусы сотрясения, shatter cones [Dietz 1947]) называют конические или полуконические поверхности, вдоль которых раскалываются горные породы, подвергшиеся умеренному ударному сжатию (от 5 кбар до нескольких десятков кбар). Эти поверхности характеризуются струйчатыми веерообразно расходящимися от вершин конусов (размером от 1 см до первых м) тонкими бороздками; иногда поверхности как бы прорастают друг друга (рис. 1). Конусы разрушения являются надежным макроскопическим признаком ударного метаморфизма и служат для диагностики импактных образований. Ориентировка конусов разрушения в ряде случаев позволяет определить направление прихода ударной волны (рис. 2), однако их первичное положение обычно нарушено последующими смещениями, происходящими на поздних стадиях импактного кратерообразования [ВСЕГЕИ Геологический словарь 2023]. Кроме того, конусы разрушения обнаружены в связи с воронками, образовавшимися при наземных ядерных взрывах [Bunch 1968].

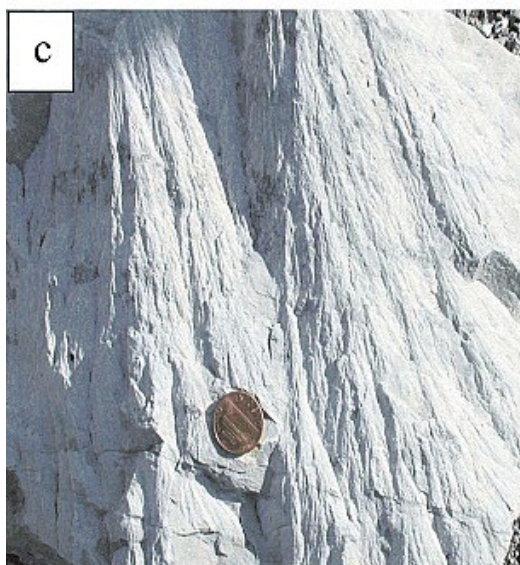


Рис 1. Конусы разрушения в доломитах [Sagy 2004]

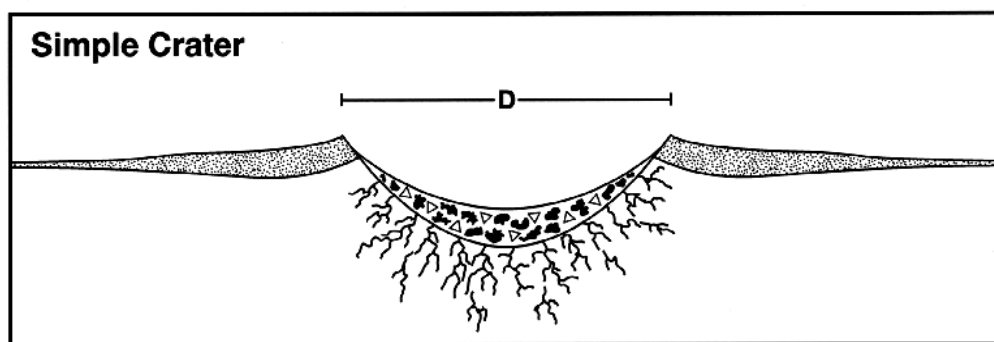


Рис. 2. Ориентировка конусов разрушения во вмещающей кратер коренной породе - по [Kiefer 2003].

В ходе комплексных экспедиций Русского географического общества (РГО) в пределах архипелага Внешних островов Финского залива были обнаружены объекты (рис. 3), напоминающие конусы разрушения – моренные валуны с разрушенной верхней полусферой [Терехов 2019]. Всего на острове Мощный было идентифицировано 14 гранитных валунов, размером от 2 до 4 м, с разрушенной верхней полусферой и несколько похожих, но менее выраженных образований на острове Гогланд [Терехов 2019].



Рис 3. Примеры разрушенных валунов на о. Мощный [Терехов 2019]

В 2022 г. на берегу Финского залива в поселке Форт Красная Горка нами были обнаружены разрушенные валуны гранита рапакиви, в точности повторяющие образования, найденные на острове Мощный, который находится примерно в 90 км к западу от Красной Горки (рис. 4). В 2023 г. на том же месте было проведено полевое исследование [Болтрамович, 2023].

В 2024-2025 гг. нами сделаны новые находки и проведены полевые исследования конусов разрушения на валунах рапакиви. Одно из новых мест находится на Выборгском берегу Сайменского канала, где последний заканчивается в Выборгском заливе, то есть фактически на берегу Финского залива - как и предыдущие находки. Однако другое место обнаружения находится в глубине Карельского перешейка, на трассе бывшего Гейниокского пролива, к северу от современного поселка Вещево (рис. 4).



Рис. 4. Обзорная схема участков обнаружения конусов разрушения в Ленинградской области.





Рис. 5. Примеры разрушенных валунов в Красной Горке (фото С. Ф. Болтрамовича и Л. Б. Рубинова).



Рис. 6. Примеры разрушенных валунов на берегу Сайменского канала, северная окраина Выборга (фото С. Ф. Болтрамовича и Л. Б. Рубинова).



Рис. 7. Примеры разрушенных валунов в протоках севернее Вещево (фото С.Ф. Болтрамовича и Л. Б. Рубинова).

На данный момент на территории Ленинградской области в четырех местах обнаружено более ста конусов разрушения на валунах рапакиви (рис. 3, 5, 6, 7). Скорее всего, их число значительно больше, и будут найдены новые участки и экземпляры. Например, по сообщению В. Лукьяновой, на дне проток в районе озера Большое Градуевское было отмечено большое количество подобных разрушенных валунов (ею придумано образное название: «камни-хинкали»), однако авторам повторить эти находки не удалось.

Общие признаки:

- Явно выраженные конусы разрушения обнаружены пока только на валунах гранита рапакиви. Возможно, это связано с меньшей прочностью этих кристаллических пород в сравнении с другими, присутствующими в этом районе. При этом три участка находятся в пределах Выборгского массива рапакиви, а один – Красная Горка – за его пределами, но довольно близко.
- Размеры валунов с конусами разрушения варьируют от менее одного метра до трех-четырех. При этом не обнаружено связи между размером валуна и типом конуса разрушения (только верхняя полусфера или весь валун разбит трещинами). Вероятно, последнее связано с силой удара.

Накопившиеся за несколько лет данные позволяют сделать первые обобщения (Табл. 1).

Табл. 1: Сводная таблица находок конусов разрушения

Место обнаружения	Количество находок, шт.	Геоморфологическая позиция	Особенности
о. Мощный	14	Береговая зона острова, вблизи современного уреза воды	Преобладание крупных валунов, 2-4 м
Красная Горка	более 70	У подножия высокого (20-25 м) абразионного уступа, вблизи современного уреза воды	Большое скопление на коротком отрезке берега
Выборг	14	У подножия высокой (20-25 м) сельги, вблизи современного уреза воды	Сглаженные «бараньи лбы» на склонах сельги, по которым возможно скатывание валунов
Вещево	10	На днищах межсельговых ложбин, вблизи современных протоков, соединяющих озера	Единичные находки (1-3 шт.) у разных проток единой водной системы на расстоянии до нескольких километров друг от друга

- Все валуны с конусами разрушения обнаружены исключительно в низах рельефа (берега Финского залива и днища ложбин). В верхах рельефа (вершины гряд и холмов) и на склонах ни одного конуса разрушения обнаружить не удалось.
- Все находки сделаны вблизи воды. Вероятно, это связано с тем, что в этих местах конусы разрушения как бы отмыты и по этой причине хорошо заметны. На удалении от воды они, по-видимому, скрыты дерниной, продуктами выветривания и т.п.

Гипотезы образования:

- Ледниковая гипотеза предполагает ударный метаморфизм вследствие падения валунов друг на друга с высокого края ледника (рис. 8). Согласно Е. Н. Терехову и А. А. Юрманову [Терехов 2019], это было возможно в пределах краевой части покровного ледника в Невскую стадию последнего оледенения, около 12 тыс. лет назад. Контраргумент: конусы разрушения обнаружены в нескольких местах, а высокий край таявшего ледника представляется маловероятным явлением.

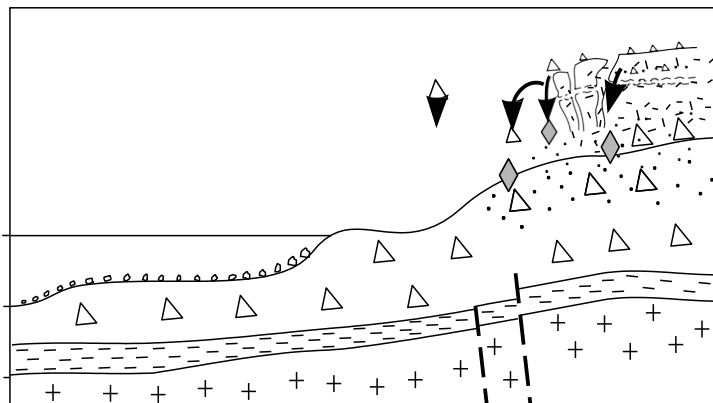


Рис 8. Модель образования разрушенных валунов в районе краевой морены ледника [Терехов 2019]

- Антропогенная (наиболее популярная гипотеза по результатам обсуждений в научном сообществе): ударный метаморфизм за счет взрывов авиационных бомб (наследие ВОВ) или при добыче камня в каменоломнях. Контраргументы: места обнаружения конусов разрушения находятся как в районах интенсивных боевых действий (особенно Красная Горка), так и там, где таковых не зафиксировано (протоки севернее Вещево). Конусы разрушения на валунах рапакиви представляют собой более редкие образования, чем могли бы быть в Ленинградской области в случае военно-взрывного происхождения. Что касается добычи камня в каменоломнях, то при этом образуются принципиально другие следы, и нет валунов.
- Метеоритная: разными авторами периодически поднимается вопрос сравнительно недавнего падения космического тела на территории Ленинградской области [Phedotov 2025]. Тогда можно было бы вернуться к предположению о метеоритной природе конусов разрушения. Однако приводимых аргументов в пользу возможности таких событий явно недостаточно.
- Ударная неледниковая: ударный метаморфизм проявился при соударениях валунов рапакиви, которые могли происходить, по-видимому, по-разному: при падении валунов с обрывов (рис. 9), их быстром скатывании по склонам (рис. 10), в сильном водном потоке (рис. 11).



Рис. 9. Крутой абразионный берег в Красной Горке (фото С. Ф. Болтрамовича).



Рис. 10. «Бараний лоб» на сельге, с которой могут скатываться валуны (фото С. Ф. Болтрамовича).



Рис. 11. Скопление валунов на почти горизонтальном гранитном обнажении в межсельговой ложбине – результат действия сильного потока талых ледниковых вод (?) (фото С. Ф. Болтрамовича).

На данный момент авторы придерживаются последней гипотезы и для ее подтверждения провели в 2024 г. эксперимент. В ходе эксперимента один валун рапакиви (весом менее 10 кг) подкидывался в воздух и свободно падал на другой валун, примерно вдвое крупнее. В результате на валуне-ударнике мы получили маленький конус разрушения, морфологически очень похожий на обнаруженные (рис. 12). Таким образом, показано, что для образования подобных структур достаточно не очень сильного удара.



Рис. 12. Маленький конус разрушения, полученный методом удара камня о камень.

Кроме того, на берегу Сайменского канала обнаружен экземпляр, где конус разрушения наблюдается прямо под упавшим на него сверху валуном (рис. 13).

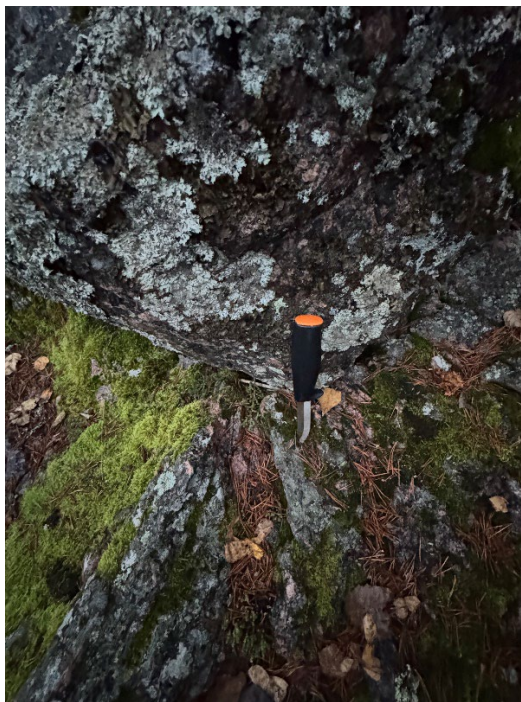


Рис. 13. Конус разрушения прямо под крупным валуном (фото Л. Б. Рубинова).

Дальнейшие шаги. Авторы намерены продолжить поиск конусов разрушения для увеличения статистической выборки. Отдельно планируется попытка определения возраста конусов разрушения на основании анализа лишайниковой растительности. Согласно Е.Н. Терехову [Терехов 2019], на острове Мощном возраст поселившихся на структурах разрушения лишайников определен как превышающий сто лет. Тем самым возможное военное происхождение этих поверхностей ставится под сомнение.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Т. Л. Рубиновой и Н. Л. Рубинову за содействие в ходе полевого этапа проведенного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

Болтрамович С.Ф., Рубинов Л.Б. О структурах типа «конусы разрушения» (shatter cones) на берегу Финского залива // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2023. Выпуск 10, с. 334-340. doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-334-340

ВСЕГЕИ, Геологический словарь – Конусы разрушения: https://www.vsegei.ru/ru/public/sprav/geodictionary/article.php?ELEMENT_ID=85939 дата обращения: 11.11.2023)

Терехов Е.Н., Юрманов А.А. Необычные (ледниковые?) образования на территории Внешних островов Финского залива // Известия Русского географического общества. 2019. Т. 151. № 6. С. 81-93. doi: 10.31857/S0869-6071151681-93

Bunch T.E., Quaide W.L. Shatter cones from the Danny Boy nuclear crater, in B.M. French and N. M. Short, eds., Shock Metamorphism of Natural Materials. Baltimore: Mono Book Corp., 1968. P. 285–286.

Dietz R.S. Meteorite impact suggested by the orientation of shatter cones at the Kentland, Indiana, disturbance // Science. 1947. Vol. 105. Is. 2715. P. 42–43. doi:10.1126/science.105.2715.42

Kiefer W.S. Impact craters in the Solar System, in the Space Science Reference Guide, Second Edition, CD-ROM, Lunar and Planetary Institute. 2003.

Phedotov V.P. The depth on the thresholds of the Vuoksa bayous in different centuries // Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference. 06-07 March 2025. “Innovative scientific forum”. Helsinki. Finland. 2025. P. 45-53

Sagy A., Fineberg J., Reches Z. Shatter cones: Branched, rapid fractures formed by shock impact // *Journal of Geophysical Research*. 2004. Vol. 109. Is. B10: B10209. doi: 10.1029/2004JB003016

NEW DATA ON SHATTER CONES IN THE LENINGRAD REGION

Boltramovich S.F., Rubinov L.B.

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Shatter cones are a sign of impact metamorphism and are usually considered in the context of impact structures. However, they can be formed in another way. In recent years, very similar formations on rapakivi granite boulders, over a hundred in total, have been described in various locations in the Leningrad Region: on Moshchny Island (Outer Islands of the Gulf of Finland), on the shore of the Gulf of Finland in the village of Fort Krasnaya Gorka, on the shore of the Saimaa Canal (northern outskirts of Vyborg), and along the banks of channels between lakes north of the village of Veshchevo. A primary statistical analysis of the discovered structures was carried out and hypotheses regarding their origin were put forward. The most likely cause is impact genesis due to the movement of boulders down a slope or in a strong water flow. The experiment showed that shatter cones on rapakivi boulders can form even with relatively weak impacts.

Keywords: *shatter cones, rapakivi granite boulders, impact metamorphism, hypotheses of formation, Leningrad Region*

REFERENCES:

Boltramovich S.F., Rubinov L.B. About structures of the Shatter Cone type on the shore of the Gulf of Finland // *Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2023. Issue 10. P. 334-340. doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-334-340

Karpinsky Russian Geological Institute, Geological dictionary – Shatter cones: https://www.vsegei.ru/ru/public/sprav/geodictionary/article.php?ELEMENT_ID=85939 (date of appeal: 11.11.2023)

Terekhov E.N., Yurmanov A.A. Unusual (glacial?) formations on the territory of the Outer Islands of the Gulf of Finland // *Izvestiya of the Russian Geographical Society*. 2019. Vol. 151. No. 6. P. 81-93. doi: 10.31857/S0869-6071151681-93

Bunch T.E., Quaide W.L. Shatter cones from the Danny Boy nuclear crater, in B.M. French and N. M. Short, eds., *Shock Metamorphism of Natural Materials*. Baltimore: Mono Book Corp., 1968. P. 285–286.

Dietz R.S. Meteorite impact suggested by the orientation of shatter cones at the Kentland, Indiana, disturbance // *Science*. 1947. Vol. 105. Is. 2715. P. 42–43. doi:10.1126/science.105.2715.42

Kiefer W.S. Impact craters in the Solar System, in the *Space Science Reference Guide*, Second Edition, CD-ROM, Lunar and Planetary Institute. 2003.

Phedotov V.P. The depth on the thresholds of the Vuoksa bayous in different centuries // *Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference*. 06-07 March 2025. “Innovative scientific forum”. Helsinki. Finland. 2025. P. 45-53.

Sagy A., Fineberg J., Reches Z. Shatter cones: Branched, rapid fractures formed by shock impact // *Journal of Geophysical Research*. 2004. Vol. 109. Is. B10: B10209. doi: 10.1029/2004JB003016