

doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-334-340



О СТРУКТУРАХ ТИПА «КОНУСЫ РАЗРУШЕНИЯ» (SHATTER CONES) НА БЕРЕГУ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

✉ Болтрамович С.Ф., Рубинов Л.Б.

Санкт-Петербургский государственный университет, 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 образовываться и другим путем. В последние годы очень похожие образования были описаны на Внешних островах Финского залива (Мощный, Гогланд). В настоящей работе представлены конусы разрушения на валунах гранита рапакиви, исследованные авторами в 2023 г. на берегу Финского залива в поселке Форт Красная Горка Ломоносовского района Ленинградской области. Эти конусы разрушения очевидно образовались в результате абразии подходящего к береговой линии Литоринового уступа: при падении моренных валунов сверху (современная высота обрыва в этом месте составляет до 20-25 м) и их соударении. Всего на отрезке берега длиной 300-400 м обнаружено не менее 70 явных конусов разрушения. Это говорит о достаточных условиях для образования таких структур без метеоритного воздействия. Предполагается, что подобные конусы разрушения могут быть обнаружены и в других прибрежных местах – где есть достаточная высота абразионного уступа и многочисленные валуны кристаллических пород.

Ключевые слова: конусы разрушения, ударный метаморфизм, абразионный берег, валуны гранита рапакиви, Красная Горка

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 & Quaide, 1968].

В ходе комплексных экспедиций Русского географического общества в пределах архипелага Внешних островов Финского залива были обнаружены объекты (рис. 3), напоминающие конусы разрушения – моренные валуны с разрушенной верхней полусферой [Терехов и Юрманов, 2019]. В качестве основной версии их образования предложено падение крупных валунов с вертикального обрыва ледника и их удар по нижележащему валуну, который под влиянием удара растрескивается (рис. 4). Согласно Е. Н. Терехову и А.А. Юрманову [Терехов и Юрманов, 2019], это было возможно в пределах краевой части покровного ледника в Невскую стадию последнего оледенения, около 12 000 лет назад.

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 и Юрманов, 2019].

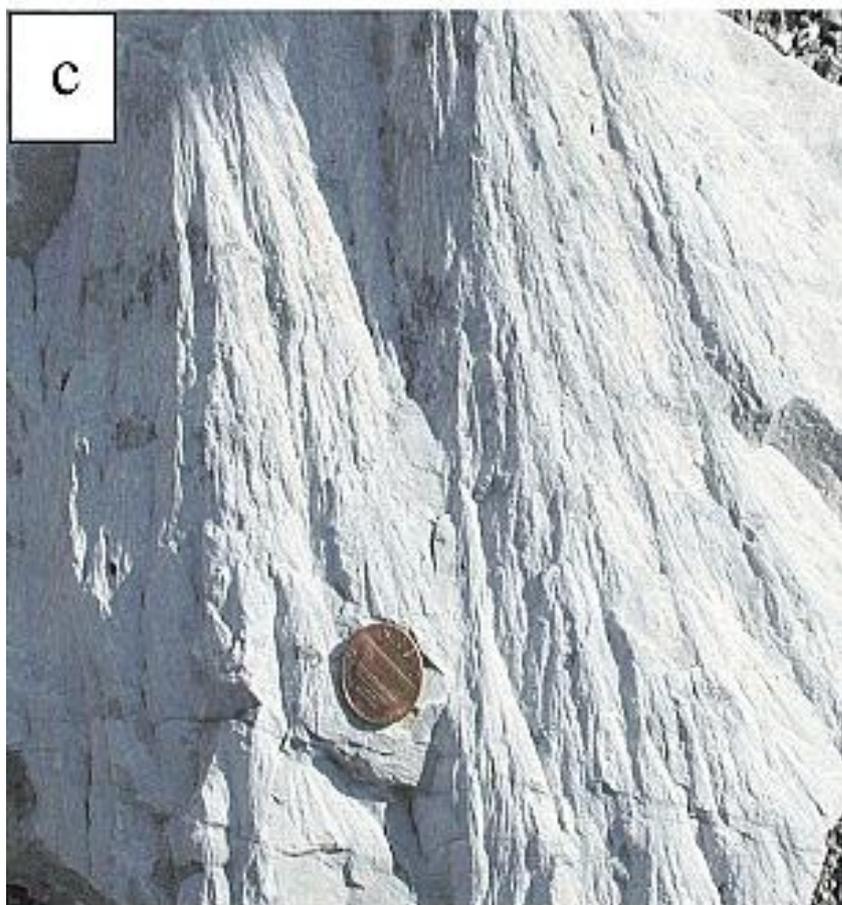


Рис 1. Конусы разрушения в доломитах [Sagy et al., 2004].

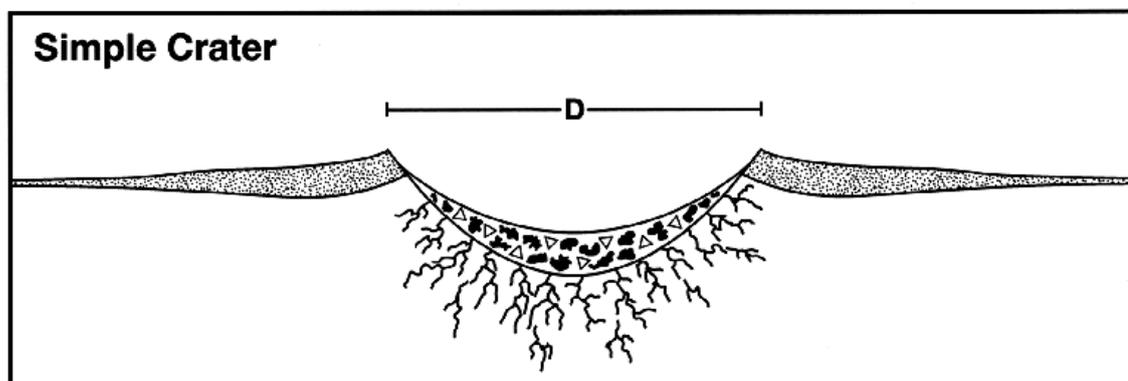


Рис. 2. Ориентировка конусов разрушения во вмещающей кратер коренной породе - по [Kiefer, 2003].

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 (рис. 5). В 2023 г. на том же месте было проведено полевое исследование.

Участок (рис. 6) приурочен к Литориновому уступу, который в данном месте («горло» Финского залива) интенсивно абрадируется и представляет собой уступ высотой до 20-25 м (рис. 7).



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

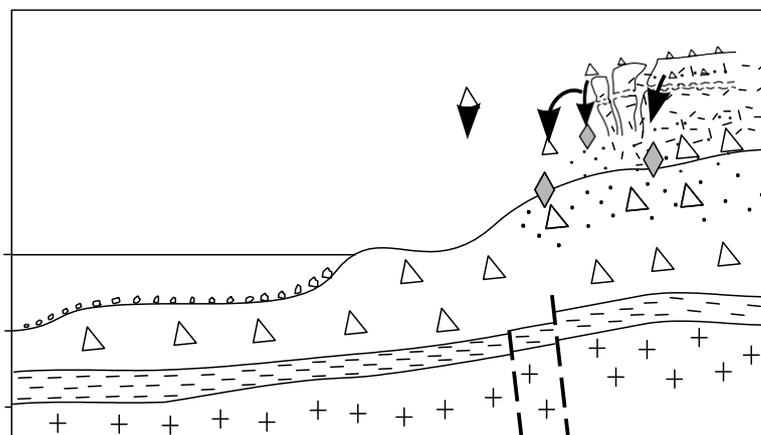


Рис 4. Модель образования разрушенных валунов в районе краевой морены ледника [Терехов и Юрманов, 2019].

Место, где сконцентрированы обнаруженные разрушенные валуны, находится вдоль береговой линии прямо под створными знаками маяка в Красной Горке на расстоянии не более 150-200 м в обе стороны. Многие валуны явно перемещены (валунная наброска для защиты береговой линии от абразии), однако это скорее всего «местный» материал. За пределами изученного участка, где высота уступа уменьшается или он отдалется от береговой линии и покрыт растительностью, подобных образований не обнаружено.

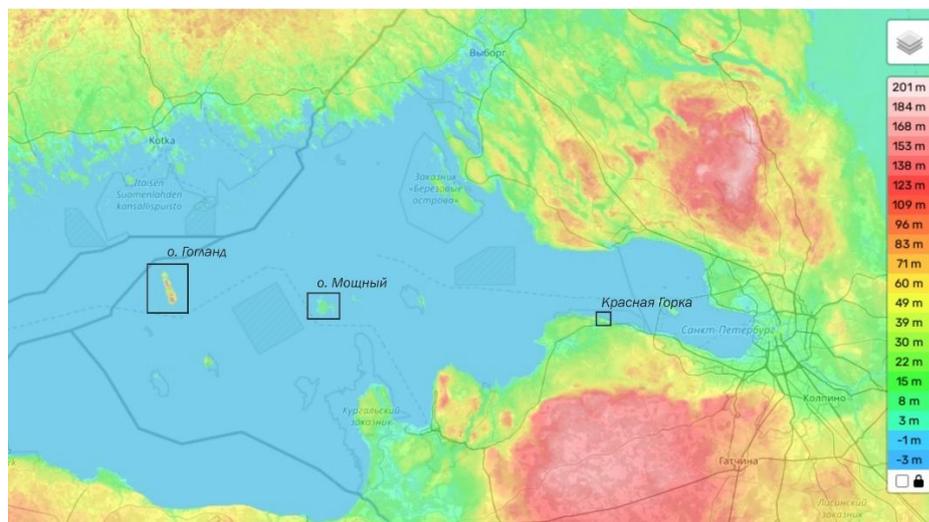


Рис 5. Обзорная схема: участки находок разрушенных валунов на Финском заливе.



Рис. 6. Район находок разрушенных валунов в поселке Форт Красная Горка.



Рис. 7. Подмываемый Литориновый уступ в Красной Горке (фото С. Ф. Болтрамовича).

Координаты:

59.97934° N 29.38748° E – сверху абразионного уступа (рис. 7);

59.97185° N 29.38274° E – под створными знаками;

59.97169° N 29.38443° E – скопление разрушенных валунов, до 15 штук.

Нами однозначно идентифицировано не менее 70 разрушенных валунов (рис. 8), а их общее количество в этом месте, с учетом находящихся в акватории и потому труднодоступных, не менее 100 штук.



Рис. 8. Примеры разрушенных валунов в Красной Горке (фото С. Ф. Болтрамовича и Л. Б. Рубинова)

Размеры обнаруженных валунов со следами ударного метаморфизма варьируют от менее 1 метра до 2,0-2,5 метров. В большинстве случаев конусы разрушения наблюдаются в верхней полусфере валуна. Примерно каждый десятый валун расколот полностью – на несколько фрагментов, которые вместе образуют конус разрушения. Вероятно, это были более сильные соударения.

По мнению авторов, генезис этих образований может быть только один. Валун с конусами разрушения приурочены к короткому отрезку берега Финского залива, где Литоринский уступ высотой 20-25 м подходит к береговой линии и подвергается интенсивной абразии. Поскольку уступ сложен рыхлыми четвертичными отложениями, он разрушается быстро, и высвобождающиеся моренные валуны часто падают и скатываются вниз, где могут соударяться с достаточной для образования конусов разрушения силой.

Этим объясняется большое количество находок в Красной Горке. Для сравнения: на острове Мощном перепады высот меньше, до 10-15 м, поэтому, вероятно, и находок конусов разрушения было сделано значительно меньше (14 против не менее 70 в Красной Горке). Про Гогланд, где перепады высот местами больше 50 м, судить сложнее, но малое количество находок может быть связано с тем, что там наблюдаются скальные склоны сельги, которые абрадируются гораздо медленнее клифов, сложенных рыхлыми наносами. Кроме того, Гогланд сложен не гранитами рапакиви, а более прочными метаморфическими породами.

Авторы предполагают, что конусы разрушения на валунах гранита рапакиви могут быть обнаружены и в других местах по берегам Финского залива – где есть достаточная для этого высота абразионного уступа и многочисленные валуны кристаллических пород.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Т. Л. Рубиновой и Н. Л. Рубинову за содействие в ходе полевого этапа проведенного исследования, а также М. Н. Калыгину за помощь с обработкой материалов.

ЛИТЕРАТУРА

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.

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

ABOUT STRUCTURES OF THE SHATTER CONE TYPE ON THE SHORE OF THE GULF OF FINLAND

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 have been described on the Outer Islands of the Gulf of Finland (Moshchny, Gogland). This paper presents shatter cones on rapakivi granite boulders, studied by the authors in 2023 on the shore of the Gulf of Finland in the village of Fort Krasnaya Gorka, Lomonosov district, Leningrad region. These shatter cones were apparently formed because of abrasion of the Litorina

ledge approaching the coastline: when moraine boulders fell from above (the modern height of the cliff in this place is up to 20-25 m) and their collision. In total, we discovered at least 70 obvious shatter cones on a section of the coast of 300-400 m long. This indicates sufficient conditions for the formation of such structures without meteorite impact. We assume that similar shatter cones can be found in other coastal places - where there is a sufficient height of the abrasion ledge and numerous boulders of crystalline rocks.

Keywords: *shatter cones, impact metamorphism, abrasion coast, rapakivi granite boulders, Krasnaya Gorka*

REFERENCES

VSEGEI, Geological Dictionary - Cones of destruction: https://www.vsegei.ru/ru/public/sprav/geodictionary/article.php?ELEMENT_ID=85939 (access date: 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.

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