

ЛАДОЖСКАЯ АСТРОБЛЕМА

В.Юрковец

valery.yurkovets@gmail.com

В статье рассматриваются геологические, геоморфологические, ландшафтные и иные доказательства того, что котловина Ладожского озера является молодой – около 40 тысяч лет – астроблемой. А также некоторые выводы, следующие из этого положения.

В 2002 году Институт озероведения Российской академии наук выпустил атлас «Ладожское озеро», в котором собрал результаты многолетнего его изучения (Институт озероведения РАН, 2002). Во второй части атласа приводятся основные данные о котловине озера - реконструкция этапов развития Ладожского озера в поздне- и послеледниковую эпохи, карта рельефа дна, тектоническая схема района Ладожского озера, геологическая карта, карта четвертичных и современных донных отложений.

Согласно представлениям учёных Института озероведения, котловина Ладожского озера представляет собой т.н. «активизационную структуру» - рифейскую (!) грабен-синклиналь, которая непостижимым образом могла сохраняться в течение миллиарда лет (со времени среднего рифея) в неизменном виде. И не только сохраниться, но и остаться даже не заполненной при этом осадками – на дне Ладоги, по данным Д.А.Субетто (стр. 47), отсутствуют какие бы то ни было осадки кроме голоцен-верхнеплейстоценовых, самая нижняя пачка которых представлена ледниковыми отложениями. Т.е. возраст озера совпадает с возрастом валдайской (вюрмской) ледниковой толщи и не может превышать 70 тысяч лет.

Неудачным, на мой взгляд, является и название – «грабен-синклиналь», с помощью которого составитель тектонической схемы района Ладожского озера А.В.Амантов объясняет причину появления котловины Ладоги (стр.44). И, вероятно, по умолчанию все наблюдаемые в районе Ладоги ландшафтные, геоморфологические и геологические аномалии, нехарактерные для такой стабильной в тектоническом плане территории как Русская платформа.

Например, закартированный автором Геологической карты А.В.Амантовым (стр.46) локальный (не затронувший смежные территории) надвиг древнейших пород вольнской серии верхнерифейского-нижневендского возраста на породы редкинского горизонта – более молодые. Амплитуда надвига составляет 5 – 6 километров. Сам надвиг расположен полукольцом и представляет собой естественную границу, разделяющую глубоководную часть Ладоги от мелководной. В глубоководной части Ладоги глубины достигают 200 метров и больше, в мелководной – метры и первые десятки метров; средняя глубина Ладоги - 47 метров (стр. 39-43).

Нет объяснения и проявлению вулканизма на этой территории, о чём свидетельствуют покровные и субвулканические базальты, слагающие северо-восточную окраину Ладожского озера. А также гряда экстррузивных куполов габбро-граносиенитов, прорывающих на дне глубоководной части Ладоги осадочные породы среднего рифея. Верхушки этих экстррузивных куполов являются главными островами Ладоги – Валаамский архипелаг, о.

Мантсинсари, о. Лункулансари. Максимальный перепад высот, который можно наблюдать вдоль этой гряды – 268 метров (между о. Валаам и глубоководной впадиной к западу от него), что является одной из геоморфологических аномалий Ладоги. Такие перепады вообще не характерны для столь древнего рельефа, который наблюдается здесь.

К другим геоморфологическим аномалиям относятся, в первую очередь, большие глубины северо-западной части Ладоги, в несколько раз превышающие высоты окружающей суши (на суше перепад высот редко превышает 100 метров). В результате чего глубоководная часть Ладоги выглядит, как гигантская воронка. Это сходство ещё больше усиливается из-за того, что она имеет почти идеальную круговую форму. Кроме того, резкий геоморфологический контраст наблюдается между северной глубоководной и южной мелководной частями Ладоги, что определённо свидетельствует о различном генезисе этих двух частей единого озера.



Рис.1 Глыба весом несколько тонн (естественное образование).
Воттоваара. Карелия

К ландшафтными аномалиями можно отнести большое количество разного размера (нередко огромных) обломков горной породы с острыми неровными и не окатанными краями (следовательно, не подвергшимися переносу), повсеместно разбросанных в окрестностях Ладоги. В том числе и на равнине, вдали от каких либо источников скальных пород. И которым взяться здесь было неоткуда кроме, как прилететь по воздуху. Возможная транспортировка их ледниками исключается, как уже сказано, из-за того, что такие глыбы не несут на себе следов переноса – Рис. 1, 2.

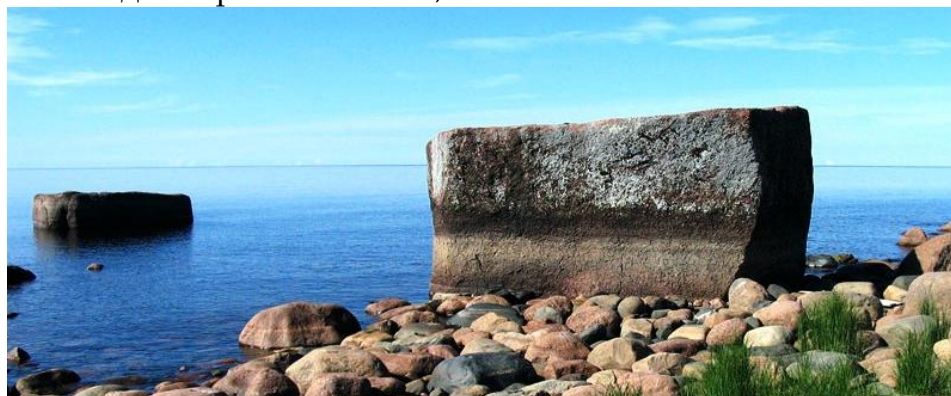


Рис.2 Варашев камень. Ладога, Погранкондуши. Высота около 2 метров

Все эти аномалии не находят объяснения в геологическом строении данной территории, характеризующейся, в первую очередь, исключительной стабильностью именно в тектоническом отношении (краевая часть Русской платформы и Балтийский щит). Не исключая и компенсационную постледниковую тектонику, поскольку Ладога находится в зоне нулевых значений изостатического постледникового поднятия Фенноскандии (Ollier, 1981). Или – в северной части – близких к ним.

Следовательно, причина образования Ладожского озера не земная, а, как я полагаю, космическая - т.е. котловина Ладоги образовалась в результате падения огромного метеорита или астероида. При этом глубоководная часть представляет собой кратер взрыва диаметром более 80 километров.

В 2004 году вышла моя статья, где была предложена данная модель образования котловины Ладожского озера, объясняющая все перечисленные выше геологические, геоморфологические и ландшафтные аномалии (Юрковец, 2004). Ниже представлены основные выводы этой статьи и структурно-тектоническая схема - Рис. 3, построенная на их основе с использованием данных Тектонической схемы (стр. 44-45) и Геологической карты (стр. 46) А.В.Амантова.

Несмотря на критику выше, считаю, тем не менее, необходимым отметить превосходную работу А.В.Амантова, выделившего все основные элементы геологического строения Ладожской астроблемы, но давшего им неверное, с моей точки зрения, толкование. Либо вообще не давшего никакого толкования тем особенностям, которые не находили своего объяснения в рамках земной парадигмы образования Ладоги. Как, например, в случае с вулканизмом. Или со «стратиграфическим парадоксом» в полосе распространения редкинского горизонта, отложения которого перекрываются более древними породами верхнего и среднего рифея. На мой взгляд А.В.Амантов закартировал здесь надвиг - южный край огромного кратера, образованного взрывом. Взрыв поднял нижележащие - более древние породы верхнего и среднего рифея, и уложит их поверх более молодых отложений.

Основным элементам строения Ладожской астроблемы на Тектонической схеме Амантова соответствуют элементы строения «активизационной структуры». Её ширина в северной части – более 80 км (кратер взрыва). И - около 140 км в самом широком месте (кальдера проседания). Максимальная глубина в районе кратера – немногим более 1000 метров (до кровли кристаллического фундамента). Эти данные замечательно совпадают с теоретической моделью астроблемы, которая получается при решении обратной задачи – определении параметров космического тела по исходным данным, о чём будет сказано ниже.

Наличие внутри кратера взрыва геологических структур вулканического происхождения указывает на то, что взрыв был настолько мощным, что нарушил монолитность земной коры в месте удара. По образовавшимся трещинам из нижележащего слоя земли на поверхность стала поступать магма. Из-за резкого перепада давления в этом слое, а также огромной температуры, образовавшейся при взрыве, горные породы просто вскипели. Это привело к

выбросу в атмосферу в виде вулканического пепла гигантского количества материала, сопоставимого с объемом образовавшегося понижения - Ладожского озера. За вычетом массы воды, вносящей свою лепту в это понижение, масса изверженного материала составит более триллиона тонн.

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ СХЕМА ЛАДОЖСКОЙ АСТРОБЛЕМЫ



Составил: В.Юрковец

Условные обозначения:

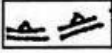
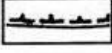
-  Геологическая граница между породами плитного чехла (Русская платформа) и кристаллического фундамента (Балтийский щит)
-  Граница кратера взрыва
-  Граница кальдеры проседания
-  Эпицентр современной тектоники

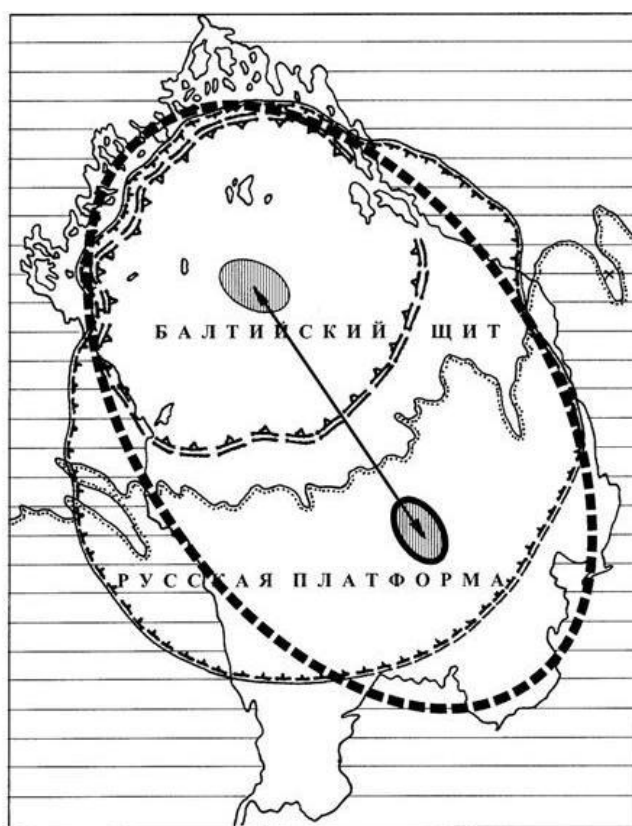
Рис.3 Структурно-тектоническая схема

Опустошение недр привело к формированию кальдеры проседания в районе катастрофы, сформировавшей мелководную часть котловины

Ладожского озера – Рис. 3. Тектонические нарушения были залечены остывшими в приповерхностном слое субвулканическими породами, сформировавшими дайкообразные тела, слагающие острова Валаам, Мантсинсари и другие.

И без того невообразимые масштабы катастрофы, произошедшей здесь, тем не менее, одной только Ладогой не ограничиваются. Природа возникновения Онежского озера, системы озер Сайма, озера Ильмень, вероятнее всего, аналогична ладожской. На это указывают, в частности, наличие явно просматривающейся кольцевой структуры "озерного края" Финляндии, необычные контуры и большие глубины Онеги, неопределённый генезис озера Ильмень.

Какого размера было небесное тело? Оценить, хотя бы примерно, размеры небесного тела, падение которого привело к образованию котловины Ладожского озера, можно с помощью самой котловины. Которая, как это видно на Структурно-тектонической схеме, имеет не только явно выраженную пространственную асимметрию, но и структурно-геологическую. Например, надвиг пород волынской серии (более древних) на породы редкинського горизонта (более молодые) имеет место только по юго-восточному обрамлению кратера взрыва, что говорит о том, что удар астероида пришёлся именно в этом направлении. Кроме того, центр кальдеры проседания не совпадает с центром кратера взрыва (что должно было бы наблюдаться при вертикальном падении), а смещён относительно него на некоторое - весьма существенное – расстояние.



Составил: В.Юрковец

Рис. 4 Аппроксимация модели Ладожской астроблемы

Для того, чтобы оценить это смещение и одновременно избежать субъективного фактора в оценке влияния геологического строения территории, просто аппроксимируем границы Ладоги эллипсовидной фигурой, как это показано выше – Рис. 4. Очевидно, что нижний фокус является эпицентром кальдеры проседания – т.е. зоной, из которой шло поступление магматического материала верхней мантии на поверхность во время извержения.

Расстояние между фокусами эллипса составляет около 100 километров. Мощность земной коры в данном регионе – около 40 километров. Следовательно, система трещин, по которым поступала магма, расположена под углом около 20 градусов (тангенс 20 градусов примерно равен 0,4). Вероятно, под этим углом и произошёл удар астероида о Землю.

Эта величина, наряду с размерами кратера взрыва, свойствами мишени и космического тела, даёт возможность оценить другие параметры данного события с помощью программы «Earth Impact Effects Program» (Imperial College, 2010). Определённые методом подбора под исходные данные, они будут следующими. При размере космического тела 11 км в поперечнике, скорости падения на Землю 17 километров в секунду (согласно программе – наиболее вероятной), плотности космического тела и мишени 3000 и 2750 кг/куб. м соответственно (табличные, близкие к реальным), угле падения 20° будет образован кратер диаметром 87,8 километров и глубиной 1,14 километра. Совпадение расчётных пропорций с наблюдаемыми (Тектоническая схема А.В.Амантова) практически идеальное, что также говорит в пользу предложенной модели.

Импактный комплекс, по-видимому, распространён в основном в озёрной впадине – в глубоководной её части. За исключением того материала, о котором сказано выше – значительной массы обломков пород мишени, разбросанных повсеместно в окрестностях Ладоги. Т.е. – **взрывной брекчии**, если называть вещи своими именами. Внешний контур которой, как это и должно быть, представлен самым крупным обломочным материалом.

Сопоставление данных геологической карты и тектонической схемы А.В.Амантова практически не оставляют в этом сомнений. На геологической карте эта зона представлена породами среднего рифея нерасчленённого – песчаниками, алевролитами, аргиллитами, конгломератами, гравелитами. Т.е. породами плитного чехла. В то время как на тектонической схеме здесь же нарисована та часть «активизационной структуры», которая находится на щите – севернее границы, отделяющей плитный чехол от пород Балтийского щита.

Налицо явное противоречие, которое усугубляется тем, что на поверхности (вне вод озера) севернее этой границы породы плитного чехла отсутствуют. Т.е. согласно этим построениям, получается, что породы плитного чехла 80-километровым языком вторгаются в самую глубоководную часть озера, что является ещё одним – структурным – парадоксом в добавление к описанному выше стратиграфическому – ведь двухсотметровой глубины

впадина должна обнажить более глубокие слои, а она невероятным образом обнажила слои более молодые.

Этот парадокс легко разрешается, если принять во внимание наличие здесь кратера взрыва. Космическое тело ударило примерно в районе границы плитного чехла и пород щита, взрывом сдвинув границу между ними немного к югу. А образовавшийся из пород плитного чехла (и, вероятно, щита) обломочный материал составил коптогенный комплекс пород Ладожской астроблемы, как это показано ниже – Рис.5.

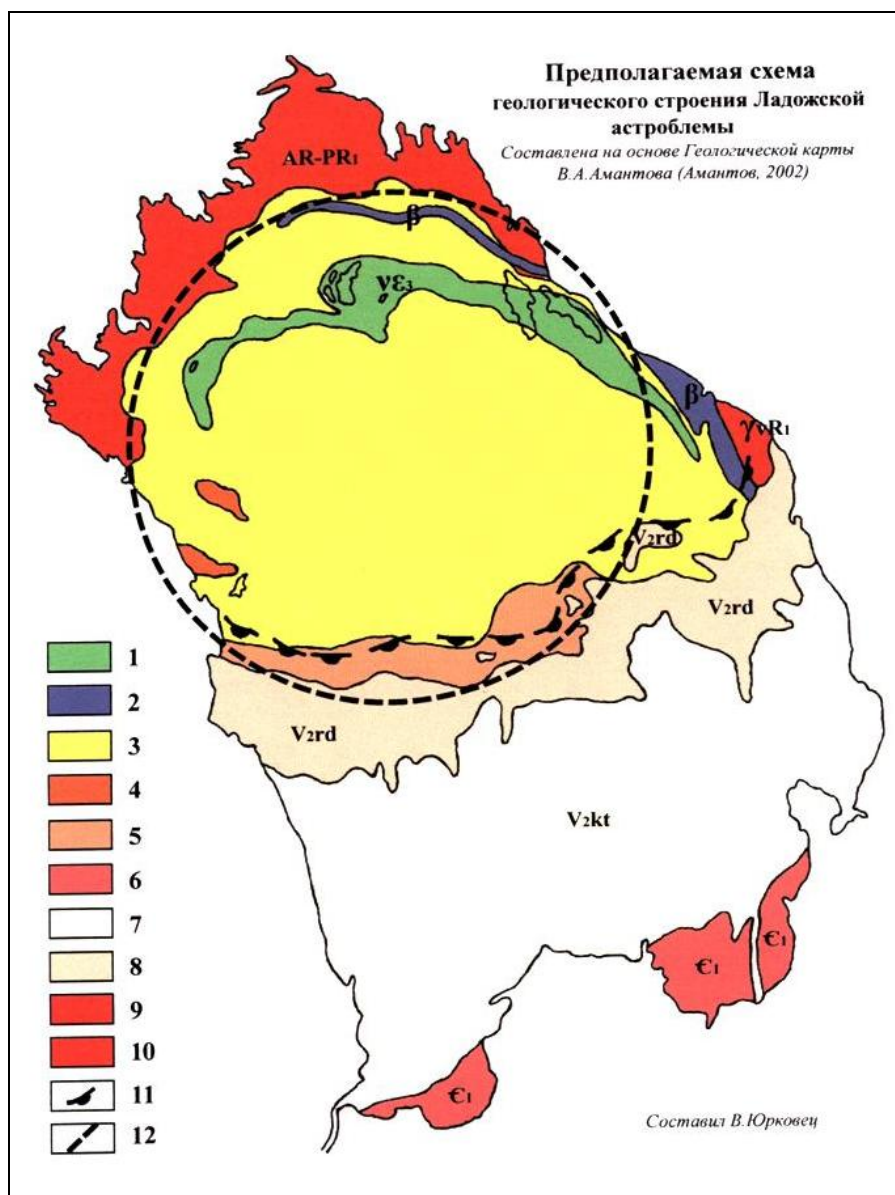


Рис. 5 Предполагаемая схема геологического строения
Ладожской астроблемы

1 – габбро-граносиениты предположительно верхнеплейстоценовые; 2 – базальты предположительно верхнеплейстоценовые; 3, 4, 5 – породы коптогенного комплекса; 6 – нижний отдел кембрийской системы; 7 – котлинский горизонт валдайской серии верхнего венда; 8 – редкинский горизонт валдайской серии верхнего венда; 9 – нижний рифей; 10 – архей – нижний протерозой; 11 – граница распространения редкинского горизонта; 12 – граница кратера.

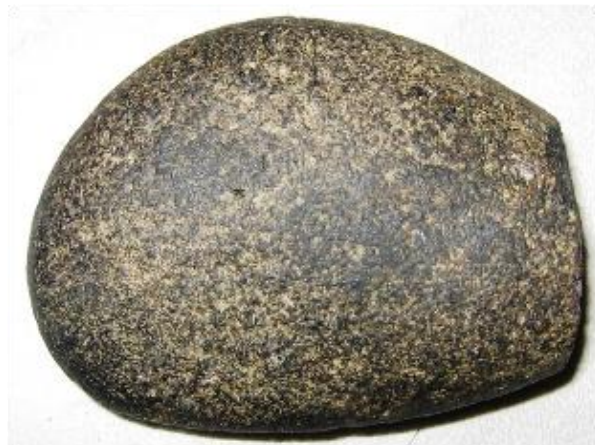
Ещё одним значимым последствием падения является т.н. «огненный шар» («fireball») – вспышка от гигантского взрыва, вызванного падением астероида. Её параметры, как следует из той же программы, таковы:

- видимый радиус шара: 131 километр;
- термальное воздействие: $3,49 \times 10^9$ джоуль/м²;
- продолжительность иррадиации: 29 минут;
- лучистый поток (кратно солнечному): 2000.

Понятно, что две тысячи солнц, воздействуя на окружающую поверхность в течение почти получаса, должны были оставить неизгладимый след на поверхности земли и проявиться в четвертичных отложениях на данной территории в виде маркирующего горизонта. Если бы не одно обстоятельство – Приладожье за прошедшее после падения время была в значительной мере перепахана ледниками верхнеплейстоценового Валдайского оледенения.



1a



1b



2



3

Рис. 6 Образцы оплавленной гальки:

1a – галька дунита, верхняя оплавленная сторона; 1b – тот же образец с нижней неоплавленной стороны; 2 – гранитная галька, вид сбоку; 3 – песчаник, вид сверху

Тем не менее, значительные фрагменты этого горизонта сохранились на территории Ленинградской области, расположенной к югу от Ладоги, где сплошного оледенения не было. В частности, он был вскрыт в подводной части песчаного карьера в п. Шапки Тосненского района Ленинградской области. Карьер уже выработан ниже уровня грунтовых вод и песок в нём берут драгой со дна образовавшегося водоёма. Маркирующий горизонт находится на глубине около 10 метров, откуда массово поднимается галька частично оплавленных пород самого различного состава. Как правило, с оплавленной стороны наблюдается слой мелкой каменной крошки, прилипшей к оплавленной корке, поднятой, очевидно, вихрем взрывной волны. Некоторые образцы из этого карьера можно видеть на фото выше, все они примерно одинакового размера, 7 - 8 см в поперечнике.

Здесь же были найдены, возможно, прямые доказательства падения космического тела – предполагаемый микрометеорит, который попал в гальку девонского кварцевого песчаника – горной породы, распространённой в Приладожье – рис. 7.



Рис. 7 Предполагаемый микрометеорит



Рис.8 Предполагаемый микрометеорит. Вид сверху

Размер образца в поперечнике около 10 см. Согласно предварительному анализу, сделанному в лаборатории ВСЕГЕИ, предполагаемое метеоритное вещество представлено в нём переплавленным троилитом (?), углеродом – сажей, и другими минералами. Морфологически – наличием регмаглиптов и следами плавления, он также соответствует метеориту – Рис. 8. Однако окончательный вывод относительно этой находки можно будет сделать только после изучения в специализированной лаборатории. Например, в лаборатории метеоритики ГЕОХИ РАН, если эта публикация их заинтересует.

На фото Рис. 7 видно, что удар привёл к образованию трещин в гальке девонского песчаника, которые были частично залечены мгновенно остывшим метеоритом. Девонские кварцевые песчаники являются почти мономинеральной горной породой, относительно слабо сцементированной. В результате попадания микрометеорита в такую мишень образовалась оплавленная корка из стекла, которая, вероятно, обеспечила сохранность этих быстро разрушающихся в земных условиях минералов. К этой корке также прикипела каменная крошка, поднятая взрывом. Большой сохранности способствовало также то, что образец до его добычи находился в погребённом состоянии ниже зоны окисления.

Похоже, падение основного космического тела сопровождалось настоящим ливнем из микрометеоритов, плотность которого можно оценить по следующему образцу – рис. 9. Его размеры примерно 20 x 20 сантиметров, тем не менее, на его поверхности можно насчитать более десяти следов удара микрометеоритов.



Рис. 9 Образец со следами ударов микрометеоритов

Такие образцы – с единичными и множественными следами от ударов микрометеоритов – не редкость. В относительно небольшом объёме песка упомянутого выше карьера мною их найдено около десятка. Точной привязки к какому-либо горизонту нет, поскольку они поступают вместе с песком, который черпает драга со дна водоёма.

Открытие Ладожской астроблемы позволило разгадать (пока чисто теоретически) один из самых таинственных феноменов Ладоги – т.н. «баррантиды».

(Справка. БАРРАНТИДЫ - местное название звуков непонятного происхождения, идущих из-под воды Ладожского озера в районе между островами Валаам и Коневец. Звуки чаще всего появляются в районе самых больших глубин в озере и своим жутким воздействием пугают местных рыбаков и пассажиров проплывающих мимо судов. (Энциклопедия аномальных явлений).

Гул длится секунды и напоминает звук проходящего вдали поезда. Помимо звуков данное явление может сопровождаться моретрясением и «кипением воды» при полном штиле, что многократно описано моряками и путешественниками в разные времена.

В 1988 году о загадочном явлении рассказал журнал "Природа" (№ 5) в статье научных сотрудников Института физики Земли Б.А.Ассиновской и А.А.Никонова "Загадочные явления на Ладожском озере" (Ассиновская, Никонов, 1988). В этой статье приводятся как древние исторические свидетельства данного феномена, так и современные, в том числе рассказы очевидцев, записанные самими авторами. Как пишут Б.А.Ассиновская и А.А.Никонов, первая попытка научного изучения ладожского феномена была предпринята в 1914 году после письма в Главную физическую обсерваторию в Петербурге делопроизводителя Валаамского монастыря иеромонаха Поликарпа. В этом письме он сообщал, что «...за истекшие пять лет у нас наблюдается следующее явление: в юго-западной и западной сторонах Ладожского озера слышатся иногда подземные звуки, имеющие сходство с отдаленными пушечными выстрелами. Этот подземный гул бывает разной степени: иное время он бывает слышен вдали, в озере, как бы исходя из водной пучины, в редких случаях гул этот слышится явственно, раздаваясь под землею и по большей части в западной части Валаама. В последнем случае случайно приходилось наблюдать, что подземный гул, слышанный на острове, сопровождался едва уловимым сотрясением земли. ... 28 минувшего сентября и 9 сего октября подземный гул, слышанный в западной части острова Валаама, сопровождался чуть заметным содроганием почвы. Как отражается этот подземный шум на водной поверхности Ладожского озера и вызывает ли на поверхности воды волнение, этого не приходилось наблюдать по той причине, что Ладожское озеро редко бывает в спокойном состоянии...».

Систематические исследования организовать тогда не удалось, но по просьбе сейсмологов монахи вели записи о появляющемся шуме до 1927 года. Всего было обнаружено 125 таких записей. Но, как предполагают авторы, таких записей, а следовательно и самих явлений, могло быть и больше. Известны

подобные описания и в более отдалённом прошлом - например, свои впечатления о баррантиде оставил Александр Дюма, посетивший Валаам в 1858 году.

Из статьи следует, что данное явление носит постоянный характер, наблюдается в течение многих столетий и - по крайней мере, в период наблюдения за феноменом монахами Валаама - по несколько раз в год.

Единственная на настоящий момент научная версия о происхождении баррантид – сейсмическая. Как пишут авторы *«...источниками подземных гулов бывают слабые землетрясения, очаговые зоны которых расположены в непосредственной близости. Сила звуков определяется энергетической величиной толчка и расстоянием до наблюдателя. Количество ударов зависит от волновой характеристики события – прохождения продольных и поперечных волн. Хорошо известно, что слабые, а тем более сильные землетрясения в эпицентральной области часто сопровождаются центростремительным подземным гулом и свечением атмосферы. А моретрясения и «кипение воды» при полном штиле также многократно описаны моряками и путешественниками разных времен и народов»*.

Но вот парадокс – существующая высокочувствительная сейсмологическая сеть, в том числе финская, не регистрировала землетрясений из района Ладожского озера (Асиновская, Никонов, 1988).

И ещё одна цитата из этой же статьи: *«Примечательная информация поступила от капитана местной флотилии. Лет десять назад его судно на пути к Валааму (то есть южнее острова) неожиданно попало в участок бурлящих вод, что не объяснялось никакими погодными условиями. Невозможно не обратить внимание на согласные свидетельства всех очевидцев о месте возникновения звуков - к юго-западу и западу от о. Валаам. Именно здесь находится самое глубокое место озера»*.

По описанию капитана одного из судов, попавшего в такой кипящий «котёл», вода в нём оставалась холодной, а само кипение распространялось «полосами».

Т.е. «кипела» холодная вода, следовательно, на поверхность озера выходил не пар, а какой-то газ, источник которого не нужно долго искать, если принять во внимание существование когда-то в данном регионе локального вулканизма, вызванного падением здесь массивного метеорита либо астероида.

В пользу такого предположения свидетельствует тот факт, что баррантиды наблюдаются в зоне самых больших глубин ладожской котловины, т.е. в центре кратера взрыва. В таком случае Ладога - и поныне действующий вулкан в его последней, фумарольной стадии. А на её глубине, в самом сердце кратера, работает уникальный по происхождению и геологическому строению аналог камчатской Долины Гейзеров и Йеллоустонского парка Америки.

Как известно, вулкан в фумарольной стадии уже не извергает лаву или пепел, а вся его активная деятельность происходит в форме выделения газовых струй (вероятно, этим явлением объясняются полосы «кипения» на Ладоге), водяных паров и горячей воды. Видимо оттого и не фиксирует существующая высокочувствительная сейсмологическая сеть землетрясений, что причины баррантид – не сейсмические.

Известно, что на выделение воды и пара определяющее влияние оказывает гидрогеологическая специфика местности, в нашем случае – её крайний вариант, когда фумарольное поле полностью находится под водой. Такое поле, как на Ладоге (если оно действительно существует) ещё не

изучалось учёными-вулканологами, но паро-газовые выбросы действующих вулканов на Камчатке, которые слышны за несколько километров, или работа гейзеров удивительно напоминают ладожский феномен. Вот как описывает очевидец работу одного из самых крупных гейзеров на Земле – Первенца из Долины Гейзеров на Камчатке:

«После извержения грифон пуст, на дне его видно отверстие - канал. ... Через некоторое время из-под земли доносится гул, похожий на шум мотора: по каналу начинает подниматься вода, постепенно наполняя бассейн. Она кипит, доходит до краев бассейна, поднимается все выше и выше, выплескивается и, наконец, со взрывом вырывается косо направленный столб кипятка, окутанный густыми облаками пара. Фонтан поднимается на высоту не менее чем 15 – 20 м.»

Если из этого описания исключить увиденное и оставить только услышанное, получим удивительное совпадение с той звуковой картиной, которую рисуют свидетели баррантид – как современники, так и наши предки.

Вещественные признаки Ладожской астроблемы. Как уже было сказано выше, нарушение монолитности Балтийского щита привело к проявлению локального вулканизма в зоне удара. Об этом свидетельствуют излившиеся базальты, закартированные в северо-восточной части кратера, а также гряда экструзивных куполов габбро-граносиенитов, прорывающих на дне глубоководной части Ладоги осадочные породы среднего рифея.

Такой разброс петрографического состава в пределах одного извержения, вероятно, трудно будет объяснить уникальностью Ладожской астроблемы, однако это дело будущих исследований. Тем не менее, очевидное решение данной проблемы состоит в том, что базальты данной структуры, если она действительно представляет собой астроблему, настоящими базальтами не являются. Возможно, они являются тагамитам – расплавленными при ударе породами, которые образуют собственные геологические тела, подобные ладожским базальтам. В пользу этого предположения говорит тот факт, что тагамиты в большинстве случаев формируются за счет плотных изверженных и метаморфических пород и редко встречаются в кратерах, сформированных в осадочных толщах. Что и наблюдается в нашем случае – покровные и субвулканические базальты распространены в северо-восточной части кратера, как раз в пределах метаморфических пород Балтийского щита.

Поскольку тагамиты наследуют черты валового химического состава пород, из которых они образуются, то наши базальты, если они действительно являются тагамитам, могли образоваться только из пород основного состава. Что как раз и имеет место в этой зоне – метаморфические породы Балтийского щита представлены в основном metabазитами и амфиболитами, т.е. метаморфизованными и метаморфическими породами основного состава.

Как оказалось, нет проблем и с ещё одним (кроме взрывной брекчии, «микрометеорита» и предполагаемых тагамитов) вещественным подтверждением того, что котловина Ладожского озера является астроблемой, нарушившей монолитность Балтийского щита. Речь идёт о вулканическом пепле, который, судя по кальдере оседания и отсутствию эффузивной толщи, был основным продуктом ладожского извержения. Кроме, разумеется, базальтов (относительно которых, однако, имеются сомнения) и

субвулканических габбро-граносиенитов (относительно которых никаких сомнений нет).

В условных обозначениях к Геологической карте А.В.Амантова последние представлены как породы «габбро-граносиенит-субщелочно-лейкогранитовой» серии. Этим породам должны соответствовать пеплы трахитового состава. Однако для того, чтобы искомые пеплы имели отношение к Ладожской астроблеме, необходимы дополнительные условия. Во-первых, чтобы они – из-за экстраординарной масштабности события – имели широкое распространение. А во-вторых, имели подходящий, т.е. верхнеплейстоценовый, возраст.

Такие пеплы есть на Русской равнине, и они действительно довольно широко распространены. И не только на Русской равнине, но также и в Южной Европе. Их состав, возраст и площадь распространения идеально соответствуют необходимым условиям. Речь идёт о т.н. «СІ тефре» Костёнок и Дуванок (с. Александровка) Воронежской области, где она впервые была найдена и описана. Кроме того, эта тефра встречается в Ростовской области, на Украине, в Болгарии, Румынии, Греции, на Кипре, в морских донных осадках Восточного Средиземноморья (Мелекесцев и др., 1984; Мелекесцев и др., 2002).

Состав этих пеплов – трахитовый, что вполне соответствует составу субвулканических построек в кратере Ладоги. Возраст – около 40 тысяч лет, т.е. верхнеплейстоценовый, что хорошо вписывается в хронологические рамки донных отложений Ладожского озера. Что касается площади распространения, то она огромна. По данным вулканологов Института вулканологии ДВНЦ РАН И.В.Мелекесцева и др., занимавшихся изучением этих пеплов, она равна 2,5 – 3 миллионам квадратных километров.

В настоящее время происхождение этой тефры связывают с катастрофическим извержением Флегрейских полей в Италии. С чем, однако, решительно невозможно согласиться. Дело в том, что объём выброшенного Флегрейскими полями пепла по оценкам вулканологов составляет 75 – 150 кубических километров. Он не может превышать верхней планки в 150 кубокилометров, которая и так несколько завышена, поскольку эмпирически установлено, что объёмы выброшенного в атмосферу пепла и лавовых пирокластических потоков у извержений подобного типа примерно равны или находятся в соотношении 2:3. А объём материала пирокластических потоков в районе Флегрейских полей примерно равен 140 кубических километров (Мелекесцев и др., 2002). И для того, чтобы не превысить этот объём, авторам пришлось «размазать» эту тефру по столь огромной территории очень тонким слоем – 3 – 5 см. Однако даже на удалении 1200 км от предполагаемого этими же авторами источника – острове Крит – слой данной тефры равен 6 см. А ещё дальше – в Воронежской области России, т.е. на расстоянии около 2000 км, установлены слои пепла мощностью до 50 см (Костёнки) и более. Так, например, средняя мощность пеплов с. Александровка в этом же районе – 62 см.

Авторы попытались обойти данное противоречие с помощью «субинхронных понижений рельефа» – балок, оврагов, котловин, в которых мог накапливать мощность (теоретически) переотложенный пепел. Однако это опровергается наблюдаемой в реальности картиной распределения пеплов в

разрезе. Так, на «классической» схеме геолого-геоморфологического строения правобережья долины Дона в Костенковско-Борщевском районе по Г.И.Лазукову, слой пепла присутствует не только в разрезе низких террас, но и на водораздельной части рельефа (Лазуков и др., 1981). Уменьшение его мощности наблюдается только на крутых склонах – Рис. 10. В целом он залегает согласно с подстилающей и перекрывающей его гумусированными слоями (древними почвами). Т.е. переотложение, конечно же, было, но даже на водоразделах сохранились его относительно ненарушенные реликты в десятки сантиметров мощности.

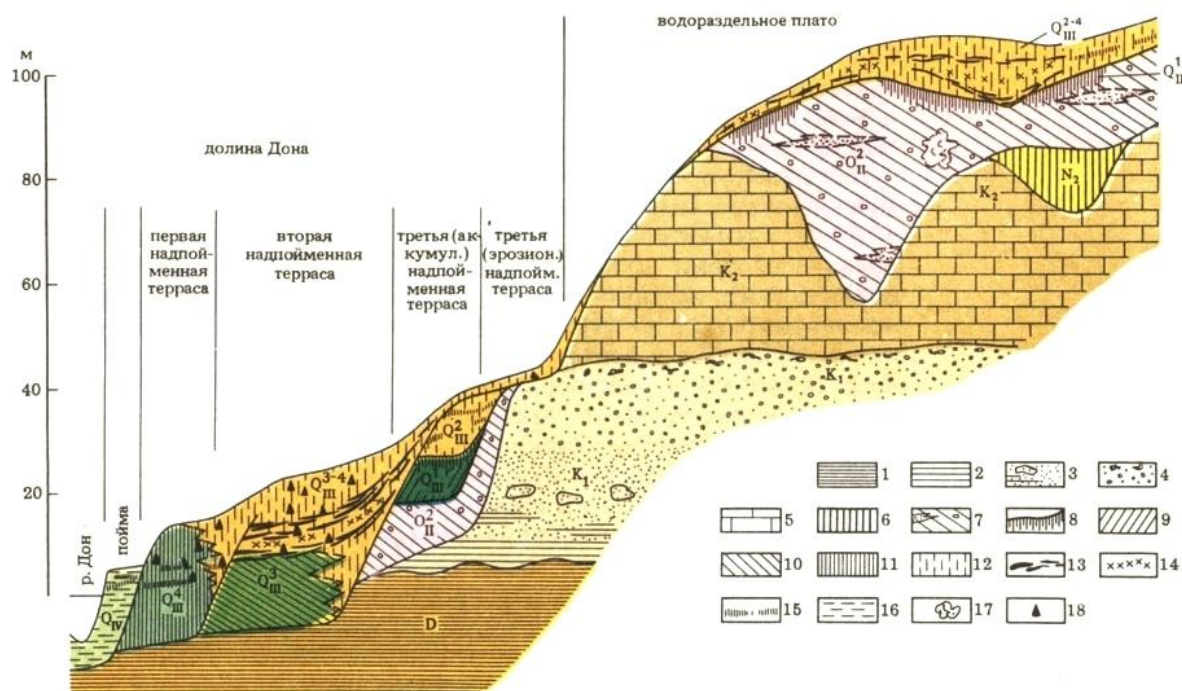


Рис. 10. Схема геолого-геоморфологического строения правобережья долины Дона в Костенковско-Борщевском районе (по Г. И. Лазукову) 1 - девонские глины, 2- нижнемеловые глины, 3 – нижнемеловые пески с прослоями глин и песчаников. 4- сеноманские пески, 5 - писчий мел, 6 - отложения скифского горизонта, 7 – отложения днепровского горизонта, 8 – микулинская погребенная почва, 9 – отложения третьей надпойменной террасы (аккумулятивной), 10 – аллювий второй надпойменной террасы, 11 – аллювии первой надпойменной террасы, 12 – лессовидные суглинки и супеси, 13 – гумусированные толщи на второй надпойменной террасе и водораздельном плато, 14 – вулканический пепел, 15 - послемиккулинские погребенные почвы, 16 – аллювий поймы, 17 – ледниковые отторженцы, 18 – культурные слои верхнепалеолитических стоянок.

Последнее обстоятельство резко – в несколько раз – увеличивает количество эруптивного материала, выброшенного в атмосферу. Оценить его объём по имеющимся данным можно только приблизительно. Для этого примем во внимание, что мощность слоя тефры убывает в южном направлении. На расстоянии 1200 км от Ладоги его мощность равна 50 см (минимальная для данного района). На расстоянии 2900 км (о. Крит) его мощность всё ещё остаётся значительной и равна 6 см. Если взять среднюю

мощность тефры равной 50 см, что также является минимальным допущением, то объём эруптивного материала составит от 1250 до 1500 кубических километров (на самом деле он будет больше).

Эти цифры вполне согласуются с объёмом ладожской котловины, которую в первом приближении можно принять равной объёму водной массы Ладоги – 838 кубических километров, поскольку «насыпной» удельный вес пепла более чем в два раза меньше того вулканического материала, из которого он образуется.

Здесь, однако, возникает закономерный вопрос – а где те мощные слои тефры, которые должны были сформироваться в непосредственной близости от эруптивного центра? На этот вопрос имеется очень простой ответ – они не сохранились, поскольку эта территория после падения космического тела была дважды перепахана ледниками Средне- и Верхневалдайского оледенения, они же Вюрм II и III в Центральной Европе (Юрковец, 2011). Ледниковый щит здесь в это время достигал мощности 1500 метров и более, а краевая часть ледника в периоды максимума уходила на расстояние до 500 километров к югу от Ладоги (Гросвальд, 1989; Гросвальд, 2002).

Ещё одним аргументом, который приводят вулканологи в пользу итальянского источника, является тождественность химического состава пеплов Костёнок и игнимбритов Флегрейских полей. Однако данное обстоятельство не может быть решающим для того, чтобы отдать предпочтение тому или иному эруптивному центру, характеризующимися извержениями материала щелочного состава, поскольку химический состав трахитов определяется не географией вулканизма, а процессами дифференциации магмы. И если мы возьмём химический состав трахитов не из наших двух мест, а трахитов вообще – трахитов из любых точек планеты, то мы увидим, что их вариации мало чем отличаются от тех вариаций, которые мы наблюдаем в наших двух случаях. В качестве иллюстрации здесь можно порекомендовать, например, классические работы по петрографии А.Н.Заварицкого и Е.А.Кузнецова, где есть эти данные.

Итак, если в качестве рабочей гипотезы допустить, что котловина Ладожского озера образована в результате падения космического тела, то все аномалии Ладоги находят свои непротиворечивые объяснения. Понятными становятся также причина и действительный масштаб столь драматического климатообразующего события, каковое получило название «ядерная зима» палеолита – выпадение огромных масс пепла на территории Русской равнины и юга Европы около 40 тысяч лет назад, что прервало естественное поступательное развитие преориньяка Костёнок (Anikovich, et al, 2007). Согласно представленным выше соображениям, извержение, имевшее столь катастрофические последствия, было как минимум на порядок более мощным, чем это можно было предполагать ранее - на основе изучения известных вулканических центров, примыкающих к данному региону.

Эта же цифра – **40 тысяч лет назад** – кроме того, является и уточнённой датой образования Ладожской астроблемы. А, следовательно - её наиболее древних донных отложений и вулканических пород кратера.

ДНК-генеалогический аспект. Катастрофические климатообразующие события подобного рода являются «бутылочными горлышками» для гаплогрупп, попавших в зону их влияния. А также причиной миграций и, как следствие, причиной образования новых ветвей на Филогенетическом древе Y-хромосомы.

В качестве иллюстрации данного положения можно привести работу А.Клёсова, посвящённые расчёту хронологии появления всех мужских гаплогрупп современного человечества на основании анализа базовых гаплотипов самой медленной 22-х маркерной Y-хромосомной панели (Клёсов, 2011). Сопоставление Филогенетического древа Y-хромосомы, построенной по этим данным, с климатической кривой (Yurkovets, 2011) позволяет предположить, что образование гаплогрупп C, I2 и R (или их родительских гаплогрупп, как R или NOR, IJK) явилось следствием данного события. А это, в свою очередь, даёт не только временную, но и географическую привязку - т.е. место образования этих гаплогрупп. Таким местом в данном случае является юг Русской равнины, с большой вероятностью – палеолитические стоянки Костенковско-Борщевского района, пока единственные из известных, подходящие по возрасту и географии.

Литература:

- Ассиновская Б.А., Никонов А.А., 1998. Загадочные явления на Ладожском озере. «Природа», Москва. 5:49-53.
- Гросвальд М.Г., 1989. Последнее великое оледенение территории СССР. «Знание», Москва. 10:38-39.
- Гросвальд М.Г., 2009. Оледенение Русского севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания. «Наука», Москва.
- Клёсов А.А., 2011. ДНК-генеалогия основных гаплогрупп мужской половины человечества (Часть 2). *Вестник Российской Академии ДНК-генеалогии* (ISSN 1942-7484). 4(7):1367-1494.
- Институт озероведения РАН, ответственный редактор Румянцев В.А., 2002. Атлас «Ладожское озеро». Санкт-Петербург.
- Лазуков Г.И., Гвоздовер М.Д., Рогинский Я.Я., 1981. Природа и древний человек М: Издательство "Мысль". 169.
- Мелекесцев И.В., Кирьянов В.Ю., Праслов И.Д. 1984. Катастрофическое извержение в районе Флегрейских полей (Италия) – возможный источник вулканического пепла в позднеплейстоценовых отложениях Европейской части СССР. Вулканология и сейсмология. Изд. АН СССР. Москва. 3:35-44.
- Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г., Кирьянов В.Ю., Черных В.И., Сулержицкий Л.Д., Зарецкая Н.Е. 2002. Вулканические пеплы эксплозивных извержений позднего плейстоцена на территории Восточной и Южной Европы. Катастрофические процессы и их влияние на природную среду. Изд. «Региональная общественная организация ученых по проблемам прикладной геофизики». Москва. 65–86.
- Юрковец В.П., 2004. Первобыль. Исследование. «Родострой», Санкт-Петербург. 2:2-12.
- Anikovich M.V., M. V. Anikovich, A. A. Sinitsyn, John F. Hoffecker, * Vance T. Holliday, V. V. Popov, S. N. Lisitsyn, Steven L. Forman, G. M. Levkovskaya, G. A. Pospelova, I. E. Kuz'mina, N. D. Burova, Paul Goldberg, Richard I. Macphail, Biagio Giaccio,

- N. D. Praslov.,** 2007. Early Upper Paleolithic in Eastern Europe and Implications for the Dispersal of Modern Humans. *Science* 315, 223.
- Imperial College,** 2010. Earth Impact Effects Program, London.
<http://impact.ese.ic.ac.uk/ImpactEffects/>
- Ollier, Cliff,** 1981. Tectonic and Landforms. Longman Group Limited, London and New-York. 44.
- Yurkovets, V.P.,** 2011. Climatic correlations. Вестник Российской Академии ДНК-генеалогии (ISSN 1942-7484). 4(8):1633-1659.