

ЛАДОЖСКАЯ ИМПАКТНО-ВУЛКАНИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА

В.Юрковец

valery.yurkovets@gmail.com

В статье рассматриваются основные черты геологического строения Ладожской импактно-вулканической структуры (ИВС) и последствия самого крупного в палеолите извержения, вызванного падением массивного космического объекта на территорию Северной Европы. Показано, что верхнеплейстоценовые пеплы юга Русской равнины, уничтожившие верхнепалеолитические стоянки Костенковско-Борщевского региона, принадлежат извержению Ладожского вулкана, который проявляет активность до настоящего времени. Доказывается, что т.н. «шоколадные» глины северной части Каспийского являются диагенетически изменёнными пеплами ладожского извержения, попавшими в область стока Волжской речной системы. Установлено, что падение космического объекта произошло 40 тлн в один из максимумов Валдайского оледенения. Космическое тело упало на ледниковый щит мощностью около 1500 метров, что стало причиной формирования своеобразного «криптоимпактного» кратера Ладожской астроблемы.

The article discusses the main features of the geological framework of the Ladoga impact-volcanic structure (IVS) and the results of the biggest eruption in the Paleolithic, caused by a drop of the massive space object on the Northern Europe territory. It is shown that the Upper Pleistocene ash of the south of the Russian Plain, destroyed the Upper Paleolithic Kostenki-Borschevsky region belong to the eruption of the Ladoga volcano, which is active to this day. It is proved that the so-called "chocolate" clays of the Northern Caspian are diagenetically changed volcanic ash of Ladoga volcano, got in the area of flow of the Volga river system. It is established that the drop of a space object was 40 ybp in one of the maxima of the Valdai glaciation. The cosmic body fell to the ice sheet thickness of about 1500 meters, which led to the formation of peculiar "cryptoimpact" crater of the Ladoga astrobleme.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является продолжением темы импактного происхождения котловины Ладожского озера, начатой в статье «Ладожская астроблема» (Юрковец, 2011), где были рассмотрены геологические, геоморфологические, петрографические и другие свидетельства того, что глубоководная часть котловины Ладожского озера является молодой астроблемой. Её наиболее вероятный возраст – около 40 тысяч лет. Кроме того, структурно-геологические данные и некоторые аномалии Ладоги указывают на то, что падение космического тела нарушило монолитность Балтийского щита, что привело к проявлению локального вулканизма в данном районе. В результате извержения

в атмосферу было выброшено не менее 1500 кубических километров пепла, что стало причиной т. н. «ядерной зимы» палеолита, уничтожившей, в частности, палеолитические стоянки Костенковско-Борщевского района.

К аномалиям Ладоги помимо больших глубин и крутых склонов, говорящих о молодости котловины, относятся в первую очередь т.н. «баррантиды» (звуки непонятного происхождения, исходящие из района, находящегося между островами Валаам и Коневец) и газовые выбросы, фиксируемые в глубоководной части озера в течение многих столетий. В статье показано, что они могут быть связаны с работой ладожского вулкана в его последней - фумарольной стадии (подводный аналог камчатской Долины гейзеров).

В этой статье было также высказано предположение о том, что «базальты покровные и субвулканические», обозначенные на Геологической карте Амантова (Институт озероведения РАН, 2002) в северо-западной части озера, являются не основными вулканитами, а продуктами импактного плавления пород мишени, т.е. тагамитами. А субпараллельные им выходы габбро-долеритов представляют собой остатки вулканической постройки в виде серии экстрозивных куполов.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Район Ладожского озера в геологическом отношении изучен довольно неравномерно, однако опубликованного к настоящему времени материала достаточно для характеристики вещественного состава пород и основных черт строения Ладожской импактно-вулканической структуры (ИВС). В 2000 году опубликована Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000, в которой обобщены результаты геологических съёмок Приладожья 1958 – 1980 годов (Государственная геологическая карта, 2000). В Объяснительной записке к карте описан разрез отложений котловины, в котором выделены три свиты – приозёрская, салминская и пашская, представленные вулканогенно-осадочными толщами общей мощностью около километра (без мощности пашской свиты, отдельно выделяемой в Пашском грабене). В 2002 году вышел Атлас Ладожского озера, где есть Тектоническая схема района Ладожского озера и Геологическая карта, содержащие основные детали строения котловины Ладоги. Схема и карта составлены А.В.Амантовым (Институт озероведения РАН, 2002). Из новейших работ наиболее информативной является монография Свириденко и Светова «Валаамский силл габбро-долеритов и геодинамика котловины Ладожского озера» (Свириденко и Светов, 2008), в которой имеется большой фактический материал по петрологии, тектонике и геологическом строении Ладожского силла, слагающего островную дугу в северном Приладожье. Материалы этих публикаций использованы для составления Геологической карты Ладожской импактно-вулканической структуры – рис.1.

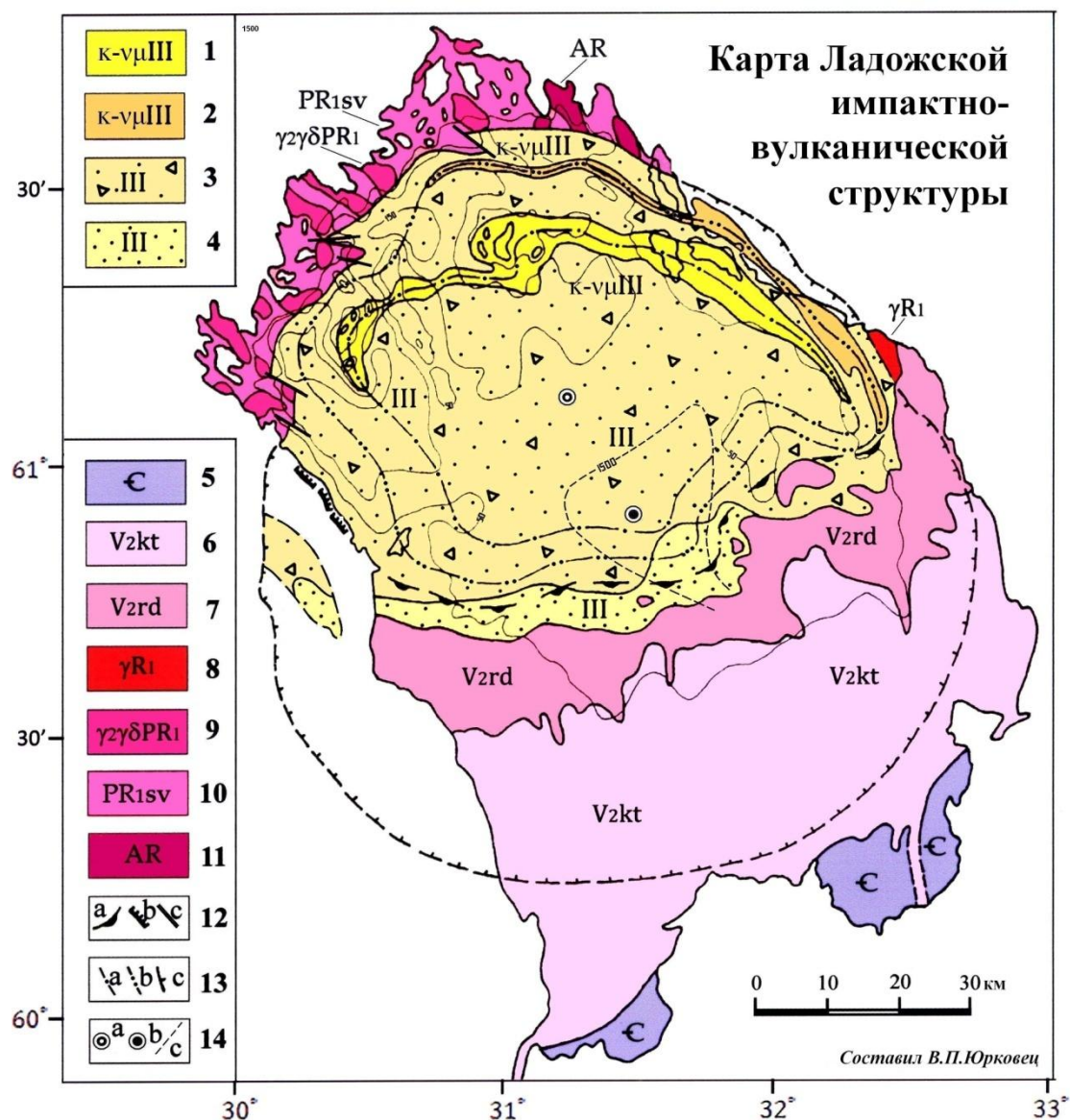


Рис. 1 Карта Ладожской импактно-вулканической структуры

1 ÷ 4 – коптогенный комплекс верхнего плейстоцена: 1 – тагамиты раскристаллизованные (коптогенные трахидолериты), осложнённые и частично метаморфизованные купольными экструзиями сиенитов; 2 – тагамиты слабо раскристаллизованные (коптогенные трахибазальты); 3 – аллогенная брекчия; 4 – коптокластиты (?); 5 – верхний отдел кембрийской системы нерасчленённый: песчаники и алевроиты с прослоями глины; 6 – котлинский горизонт валдайской серии верхнего венда, котлинская (василеостровская) свита и гдовские слои: глины аргиллитоподобные, песчаники, алевролиты, миктиты; 7 – редкинский горизонт валдайской серии верхнего венда: песчаники, алевроиты, пестроцветные аргиллиты, конгломераты, гравелиты; 8 – нижний рифей: граниты рапакиви, монзониты, анортозиты; 9 – нижний протерозой: граниты, гранодиориты, диориты; 10 – свекокарельский комплекс нижнего протерозоя: метабазиты, амфиболиты, слюдяные сланцы и гнейсы; 11 – архей: гнейсограниты, биотитовые и роговообманковые мигматизированные гнейсы; 12 – внешние элементы кратера: а – граница цокольного вала на дне Ладоги, б – граница цокольного вала на поверхности, с – радиальные разрывные нарушения; 13 – кольцевые структуры: а – ось внутреннего кольцевого поднятия, б – ось внешнего кольцевого поднятия, с – граница кальдеры оседания; 14 – элементы структур: а – центр импактного кратера, б – центр кальдеры оседания, с – изогипса 1500 м кристаллического фундамента.

Примечание. Карта составлена на основе Тектонической схемы м-ба 1:1000000 и Геологической карты м-ба 1:1250000 А.В.Амантова с использованием Государственной Геологической карты Российской Федерации м-ба 1:1000000 лист Р-(35) – 37- Петрозаводск (Карта дочетвертичных образований).

Ладожскую астроблему, составляющую импактную часть Ладожской ИВС удобно сравнивать с Попигайской астроблемой, которая по строению и размерам на неё очень похожа. Несмотря на гораздо более солидный «возраст» (около 40 миллионов лет) и значительную эрозию Попигайской астроблемы, основные черты их строения почти полностью совпадают.

Так, в Попигайской астроблеме, как и в Ладожской, отсутствует чётко выраженное центральное поднятие. Так же, как и на Ладого, в одном из сегментов Попигайской астроблемы наблюдаются выходы на поверхность двух субпараллельных пластовых тел (тагамитов). С той лишь разницей, что в Попигайской астроблеме выходы тагамитов закартированы в западной части, а на Ладожском озере аналогичные по строению пластовые тела залегают на северо-востоке.

Тагамиты Попигая и пластовые тела Ладого выходят на поверхность вблизи выходов кристаллических пород – интенсивно гранитизированных гнейсов верхнеанабарской и хапчанской серий архея в первом случае, и метабазитов свекокарельского комплекса и салминского массива нижнерифейских гранитов во втором.

Так же, как и Попигайская, Ладожская астроблема рассечена по периметру радиальными тектоническими нарушениями, придающими фестончатый вид внешней границе коптогенного комплекса и выходам пластовых тел.

По размерам Ладожская астроблема также примерно равна Попигайской. Диаметр внутренней воронки попигайского кратера равен 75 км, внешней – примерно 100 км (Масайтис и др., 1980). Диаметр внутреннего кольца Ладожской астроблемы по линии о.Коневец – п. Салми примерно равен 70 км. Внешнее кольцо имеет размеры около 90 км. Диаметр цокольного вала по этой же линии – около 110 км (рис.1).

Глубинное строение Ладожской ИВС в общих чертах можно оценить с помощью Тектонической схемы Амантова (Институт озераведения РАН, 2002, стр.44). На ней видно, что глубина кровли кристаллического фундамента, на котором залегают породы предполагаемого коптогенного комплекса, составляет немногим более 1000 метров, что соответствует суммарной мощности вулканогенно-осадочных образований Ладожского прогиба по данным геологических съёмок (Государственная геологическая карта, 2000).

К юго-востоку от центра кратера взрыва фундамент понижается и около границы с плитным чехлом имеет зону максимальных значений глубин, превышающих 1500 метров. Эта зона имеет слегка вытянутую, сужающуюся в юго-восточном направлении форму. Её северо-западная расширенная часть примерно совпадает с центром кальдеры оседания, а сужающийся к юго-востоку апофиз, вероятно, указывает на наклонное (в юго-восточном

направлении) положение подводящего магму канала, что соответствует реконструкции импактного события, нарушившего монолитность Балтийского щита (Юрковец, 2011).

Согласно этой реконструкции, выполненной с помощью программы «Earth Impact Effects Program» (Imperial College, 2010), космическое тело около 11 километров в поперечнике до встречи с землёй двигалось с северо-запада на юго-восток со скоростью около 17 километров в секунду под углом примерно 20 градусов к поверхности. Импактное событие было настолько мощным, что нарушило монолитность Балтийского щита в месте падения. Это привело к масштабному извержению, разрушившему центральное поднятие и сформировавшему серию экструзивных куполов вдоль северной и северо-восточной частей внутреннего кольцевого поднятия – вдоль выхода пород кристаллического фундамента.

Внутреннее кольцевое поднятие, таким образом, является структурой, контролирующей распространение экструзивных куполов, его образование связано с концентрическими разломами, вдоль которых поступала магма из магматического очага.

На поверхность купольная система выходит в виде Валаамско-Салминской островной гряды, протянувшейся вдоль всего северного и северо-восточного побережья Ладожского озера. Согласно легенде к Государственной геологической карте, она сложена среднерифейскими породами трахидолеритового комплекса и представляет собой межпластовую дифференцированную интрузию (Валаамский силл) общей площадью около 2000 кв. километров, сложенную феррогабро, габбро-долеритами и монцонитоидами (вааламитами). Основные породы рассечены сетью жил гранофир-аплитов. Монцонитоиды образуют непрерывный ряд от монцогаббро и монцодиоритов до кварцевых монцонитов, залегают в верхней части силла и постепенно переходят в гранофировые конгидиабазы и далее в габбро-долериты. Вместе с вулканическими породами салминской и приладожской свит эти породы представляют собой единую вулканоплутоническую ассоциацию (Государственная геологическая карта, 2000).

Новейшие петрологические исследования Валаамского силла в целом подтверждают и в значительной мере детализируют предложенную выше схему импактного и последующих событий. Так, авторами монографии «Валаамский силл габбро-долеритов и геодинамика котловины Ладожского озера» (Свириденко, Светов, 2008) в структуре силла выделены многочисленные купольные системы, в которых монцониты и сиениты

занимают центральную часть, к периферии постепенно переходя в габбро-долериты.

В этой же работе подробно охарактеризованы породы Валаамского силла, состав которых уникален - он варьирует от основного габбро-долерита до субщелочного высококалийевого гранита в пределах одного магматического (как считают авторы монографии) образования. «Ярко выраженной специфической особенностью габбро-долеритов является постоянное, независимое от химического состава, присутствие межгранулярного кварца и кварц-калшпатового гранофира» (стр.40). Выявлены две структурные формы монцонит-кварцевых сиенитов: пятнистые (метасоматического происхождения) и метельчатые, представляющие собой [по мнению авторов, - В.Ю.] продукт смешения кислой и основной магм (стр.40).

Образования гранитного состава представлены многочисленными гранитными жилами двух генераций. Ранние - более светлые, широко распространены в нижней части силла. Обычно они представлены «нитевидными тонкими, до пунктирных жилками извилистого простирания, не имеющими сплошности и не обнаруживающими системного расположения, сопряженного с какой-либо трещиноватостью или отдельностью» (стр.57). При вариациях мощности от 0,1 до 30 см средняя мощность жил составляет 1 см. Более поздние кирпично-красные жилы преобладают. По сравнению с ранними жилами они линейно выдержаны. Длина 8–10 м, а иногда и 20–25 м. Наиболее частые соотношения – ветвистые, коленообразные. Система этих более поздних жил также не имеет связи с отдельностью габбро-долеритов (стр.57). Встречаются также небольшие пластовые тела гранофилов, мощностью обычно более 20 см, которые залегают в пятнистых монцонитах и сиенитах (стр.58). Кроме того, по всему разрезу силла наблюдаются трубчатые тела гранофилов и газовые «фонтанчики» но главная масса их сосредоточена в верхней его части. Трубки обычно ассоциируют с пластовыми гранитами, почти все они имеют монцонитовую корону. Для газовых «фонтанчиков» установлена чёткая связь с зонами монцонитизации. «Это дает основание полагать, что интенсивная дегазация гранитного расплава происходит по зонам метасоматической монцонитизации габбро-долеритов» (стр.62).

Важно отметить, что в сравнении с комагматичными им базальтовыми лавами салминского комплекса, габбро-долериты Валаамского силла имеют повышенные концентрации K_2O (стр.108), т.е. являются более щелочными. Это указывает на внешний - вторичный характер источника K_2O в породах Валаамского силла. А также, учитывая неравномерный характер монцонитизации габбро-долеритов и сквозное положение монцонитов и сиенитов в вертикальном разрезе силла (стр.50), на то, что таким источником являются щелочная магма. Только в таком расплаве содержание SiO_2 равно

усреднённой между содержанием SiO_2 в габбро-долеритах и гранитах величиной, а концентрация K_2O является повышенной. Метельчатые сиениты, слагающие центральные части купольных построек как раз соответствуют этим условиям – как своим структурным положением (центральные части куполов), так и по химическому составу – Таблица 1.

Приведённые выше данные свидетельствует в пользу предлагаемой в данной статье импактно-вулканической модели петрогенезиса пород Валаамского силла, суть которой заключается в смешении в купольных структурах ударного расплава пород мишени с щелочной магмой, поступающей из очага извержения, спровоцированного падением массивного космического тела. Такая модель без противоречий и трудно обосновываемых допущений о составе исходного расплава (проблеме которого посвящена значительная часть монографии и анализируемых авторами работ предшественников) объясняет практически все наблюдаемые аномалии в вещественном составе пород этого уникального геологического образования.

К таким аномалиям относится отмеченный выше купольный характер строения монцонит-сиенитовых структур, которые повсеместно наблюдаются в пластовом теле силла.

«Купольные структуры очень типичны для Валаамского силла, особенно на островах Валаамского архипелага. На о. Валаам нами закартирована синклинальная складка с пологим погружением оси под углом $5-10^\circ$ в юго-восточном направлении. Общая структура осложняется рядом мелких купольных структур монцонитизации. С ними связана радиальная трещиноватость, узлы которой приурочены к центрам купольных структур» (стр.62).

«Купольные структуры бывают крупных и мелких размеров, различаясь строением и составом. Диаметр куполов о. Валаам – о. Дивный – о. Келисаари составляет 750, 150, 50–60 м, куполов о. Савватия и о. Зосима – 750 м» (стр.63).

«Острова Кугри, Хейнясенмаа, Куккаролуото представляют перколяционную купольную систему монцонитов в габбро-долеритах с диаметром до 1500 м. Купола характеризуются радиальной вещественной зональностью – от пятнистых и метельчатых монцонитов в центре до феррогаббро-долеритов в краевых частях» (стр.63).

В приведённых цитатах отражены основные черты строения куполов, которые хорошо вписываются в предложенную импактно-вулканическую модель образования Валаамского силла. К сожалению, пока нет полных данных по пространственному положению купольных структур Валаамского силла, поэтому они не отображены на итоговой карте (рис.1).

Как уже отмечено, породы силла рассечены сетью жил лейкогранитов (гранофир-аплитов). «Во всех разновидностях габбро-долеритов наблюдается межгранулярный кварц-калишпатовый микропегматит. Кварц в небольшом количестве присутствует повсеместно» (стр.87). Отмечается также «постоянно встречающийся межгранулярный кварц-калишпатовый гранофир в габбро-долеритах», который «не вписывается в общую структуру породы» (стр.108).

Таким образом, гранитная составляющая распространена по всему телу силла не только в виде обособленных геологических образований, но и находится в состоянии «межгранулярного сплава» с габбро-долеритами. Этот факт, с учётом отсутствия метасоматических изменений и признаков регионального метаморфизма в габбро-долеритах (стр.5, стр.93) означает, что кислая и основная составляющие были перемешаны в процессе образования общего импактного расплава из пород мишени. Сравнение с химсоставом пород мишени, из которых образовался импактный расплав, объясняет как широкое межгранулярное распространение микропегматитов в микроструктуре габбро-долеритов, так и жильных гранитных образований в массе пород силла – Таблица 1.

Таблица 1. Химический состав пород мишени и Ладожского силла

Окислы	Основные г.п. и их аналоги			Кислые г.п. и их аналоги		
	Силл	Мишень		Силл	Мишень	
	Габбро-долерит	Мета-базит	Габбро-норит	Лейко-гранит	Слюд. кварцит	Гранит
	Валаам	Локан-сари	Лахден-похья	Валаам	м.Импии-ниemi	Путса-ари
SiO_2	50,02	50,23	50,44	76,07	74,30	72,03
TiO_2	2,60	0,90	0,79	0,15	0,39	0,23
Al_2O_3	13,73	14,02	11,54	11,21	11,73	14,27
Fe_2O_3	5,91	5,84	1,57	1,28	1,21	0,73
FeO	7,69	9,15	13,50	0,77	3,12	2,09
MnO	0,145	0,67	0,23	0,02	0,04	0,09
MgO	3,61	3,74	8,30	0,43	1,39	0,55
CaO	6,50	10,32	8,34	0,82	2,61	1,59
Na_2O	3,42	2,74	1,03	2,49	2,82	2,63
K_2O	2,20	0,94	2,66	5,91	1,80	5,23
P_2O_5	1,73	-	0,24	0,11	-	0,53

Последние в данном случае правильнее будет называть слоями импактного расплава кислого состава в основных, в целом, тагамитах – рис.2.



Рис.2 Трубка гранофира (а) в монцонитовой короне (b) и слой гранофира (с), пересекающий отдельность в габбро-долеритах.

Расплавные импактиты (тагамиты), как правило, образуются за счёт кристаллических изверженных или метаморфических пород и редко встречаются в кратерах, образованных в осадочных толщах (Бадюков, 2005). Кристаллические породы фундамента Ладожской котловины представлены, главным образом, метабазами, слюдистыми сланцами и гнейсами свекокарельского комплекса, а также гранитами и габбро-норитами нижнего протерозоя (Институт озероведения РАН, 2002; Государственная геологическая карта, 2000). Сравнение химического состава этих пород (данные - из Геология СССР, т. 37, 1960) со средним химсоставом габбро-долеритов и лейкогранитов Валаамского силла (Свириденко, Светов, 2008) приведены в Таблице 1. Как видно из сравнения, химсостав основных и кислых пород Валаамского силла аналогичен химсоставу соответствующих кристаллических пород северо-восточного Приладожья.

ПРОДУКТЫ ИЗВЕРЖЕНИЯ ЛАДОЖСКОГО ВУЛКАНА

Самые древние донные отложения Ладоги представлены ледниково-озёрными ленточными глинами и моренами верхнеплейстоценового возраста. Они перекрыты маломощными голоценовыми песками, глинами и илами (Институт озероведения РАН, 2002). Возраст котловины Ладожского озера, таким образом, совпадает с возрастом валдайской ледниковой толщи. Следовательно, этот же возраст имеют вулканические породы ладожского извержения и коптогенный комплекс Ладожской астроблемы.

Объём эруптивного материала, выброшенного в атмосферу в результате извержения Ладожского вулкана, был, учитывая объём образовавшейся кальдеры оседания, колоссальным. В первом приближении его можно считать

равном объёму озера - 838 куб. км. Если учесть, что удельный вес пепла более чем в два раза меньше удельного веса исходных пород, то пеплы ладожского извержения должны быть широко распространены на территории Русской равнины. Однако в своём первозданном виде они сохранились только на юге - в отложениях лёссовидных пород с. Костёнки и с. Алексанровка Донская (р. Дуванка) Воронежской области, имеющих единое со слоями пепла эоловое происхождение (Юрковец, 2011), а также в Днепро-Донецком междуречье (Карта четвертичных отложений, лист. 11, 1971).

В лёссовидных породах пеплы занимают центральную часть разреза между двумя гумусированными толщами - древними почвами (Лазуков и др., 1981). Такое их положение в разрезе означает, что извержение и, соответственно, падение космического тела произошло в один их пиков Валдайского оледенения, поскольку, согласно общепринятой точке зрения, лёссы и лёссовидные породы образуются в ледниковые эпохи в перигляциальной зоне. В настоящее время эти пеплы хорошо изучены, их возраст - около 40 тысяч лет (Anikovich, et al, 2007). Следовательно, возраст котловины Ладожского озера также примерно равен 40 тысячам лет.

В приледниковой зоне, где происходили интенсивные процессы выветривания и солифлюкции, распространены аллювиально-делювиальные осадки верхнего плейстоцена. Отложения пеплов здесь неизвестны. Ещё дальше на север идут более древние ледниковые отложения среднего плейстоцена.

Таким образом, пеплы сохранились только в лёссах и лёссовидных породах, распространённых в настоящее время только на юге Русской равнины - эолово-делювиальных отложениях Днепро-Донецкого междуречья и лёссовидных супесей и суглинков бассейна Дона.

На рис.3 представлена карта распространения пеплов. Внутри большого пунктирного контура (№1 условных обозначений) известно около 100 их местонахождений (Карта четвертичных отложений, лист 11, 1971). Максимальной мощности (0,5 и более метров) они достигают внутри малого штрихпунктирного контура (Геология СССР, т. 6, 1949). Распространение пеплов контролируют лёссовидные отложения, их северная граница (№4 условных обозначений) отмечена средней штрихпунктирной линией с двумя точками. Граница распространения лёссовидных пород взята из карты четвертичных отложений Физико-географического атласа мира (Физико-географический атлас мира, 1964).

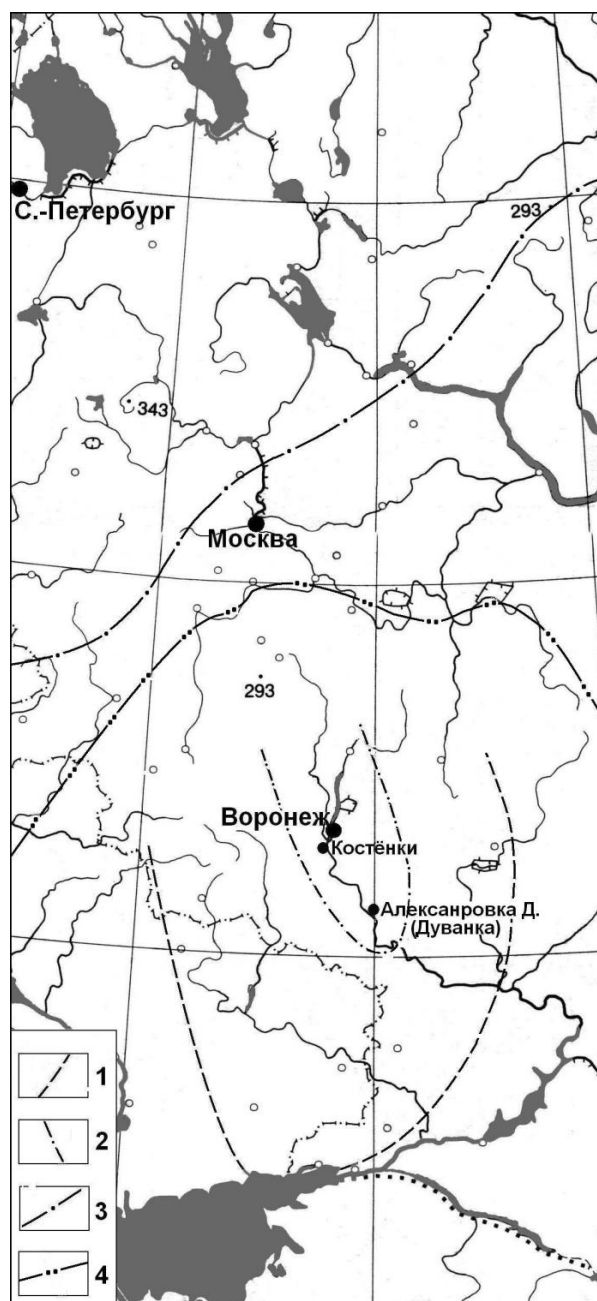


Рис.3 Карта распространения пеплов

1 – область распространения верхнеплейстоценового вулканического пепла (Карта четвертичных отложений европейской части СССР и прилегающих территорий, лист 11, 1971); 2 – область распространения линз верхнеплейстоценового пепла мощностью более 0,5 м (Геология СССР, т.6, 1949); 3 – южная граница ледового щита в максимум Валдайского оледенения (Гросвальд, 2009); 4 – северная граница распространения лёссовидных пород (Физико-географический атлас мира, 1964).

Севернее показана граница распространения материковых льдов в пик Валдайского оледенения (Гросвальд, 2009). Она показывает, что удар астероида пришёлся в ледниковый щит. Мощность ледникового щита в месте падения космического тела могла составлять более 1500 метров (Гросвальд, 1984). Вероятно, поэтому в окрестностях Ладоги слабо развиты закратерные выбросы. Основную их часть составили обломки ледникового щита, впоследствии растаявшие с наступлением межледниковья. По этой же причине оказался не столь ярко выражен и кольцевой вал кратера – значительная часть энергии

ушла на формирование внешней кромки кратера во льдах ледникового щита, что послужило причиной формирования такой своеобразной «криптоимпактной» структуры.

Область материкового оледенения вместе с приледниковой зоной составляют около половины протяжённости шлейфа пеплов Ладожского вулкана. Следовательно, самая значительная часть пеплов ближней и средней зон выпала на льды Вадлайского оледенения и приледниковую зону. Большая часть этих зон приходится на Волжскую речную систему, которая несёт свои осадки в Каспийское море.

Сравнение химического состава пеплов с химсоставом метельчатых монцонитов, слагающих центральные части экструзивных куполов (т.е. представляющих собой застывший вблизи поверхности исходный расплав магматического очага), представлены в Таблице 2.

Химсостав пеплов опубликован в работах Мелекесцева и др. (Мелекесцев и др., 1984; Мелекесцев и др., 2002) и Холмового (Холмовой, 2008). Весьма представительный материал по химсоставу метельчатых монцонитов, слагающих центральные части купольных экструзий Валаамского силла, имеется в монографии Свириденко и Светова (Свириденко, Светов, 2008). В таблице приведены средние значения химсостава монцонитов и пределы его изменчивости.

Таблица 2. Химический состав верхнеплейстоценовых пеплов и экструзивных монцонитов Ладожской импактно-вулканической структуры

Окислы	Пеплы			Пеплы			монцониты		
	<i>Костёнки (Мелекесцев)</i>			<i>Костёнки (Холмовой)</i>			<i>Ладожское озеро</i>		
	от	среднее	до	от	среднее	до	от	среднее	до
<i>SiO₂</i>	59,53	60,27	62,47	57,56	60,20	67,79	53,48	60,02	64,65
<i>TiO₂</i>	0,46	0,53	0,60	0,48	1,13	1,30	0,69	1,25	2,19
<i>Al₂O₃</i>	10,50	18,91	21,32	12,56	19,07	20,48	12,88	13,94	14,58
<i>Fe₂O₃</i>	1,89	2,21	2,61	3,60	6,46	8,54	2,32	4,05	8,73
<i>FeO</i>	1,07	1,78	1,98	0,72	0,90	1,43	2,08	5,07	7,47
<i>MnO</i>	0,17	0,31	0,38	0,02	0,04	0,16	0,017	0,13	0,207
<i>MgO</i>	0,28	0,60	0,80	0,38	0,60	1,60	1,42	2,18	3,10
<i>CaO</i>	2,07	2,86	3,96	1,98	3,19	4,53	0,99	2,57	4,15
<i>Na₂O</i>	4,03	4,69	5,23	0,17	0,30	4,40	2,90	3,99	5,11
<i>K₂O</i>	5,58	6,46	7,16	3,97	5,76	6,52	3,00	3,90	5,86
<i>P₂O₅</i>	0,08	0,11	0,12	0,09	0,12	*	0,00	0,42	0,90

Как видно из представленного в таблице материала, химсостав метельчатых монцонитов практически полностью соответствует трахитовому составу верхнеплейстоценовых пеплов юга Русской равнины, как по средним значениям, так и по пределам его изменений. Некоторые различия по

содержанию Al_2O_3 , а также FeO , MnO , MgO объясняется загрязнением терригенным материалом и выветриванием (Мелекесцев, 2002).

Пепел, попавший в зону волжского стока, судя по описанию одновозрастных импактному событию отложений, был преобразован в ходе выветривания в т.н. «шоколадные глины» нижнехвалынской свиты верхнеплейстоценовых отложений северной части Каспийского бассейна. Нижнехвалынская свита образовалась в ходе максимальной в верхнем плейстоцене трансгрессии Каспия. Её возраст колеблется в пределах 70-40 тысяч лет назад (Бадюкова, 2007). Верхняя планка датирования как раз соответствует возрасту шоколадных глин, расположенных также в верхней части разреза нижнехвалынских отложений.

Шоколадные глины имеют палевый, местами зеленовато-серый цвет, что совпадает с описанием пеплов Придонья: в «... разрезах вулканический пепел представлен палево-светло-серым (иногда желтоватым или зеленоватым) несцементированным алевропелитом с небольшой примесью разномерного песка» (Мелекесцев, 2002, стр.35). В пользу вулканического происхождения шоколадных глин свидетельствуют их монтмориллонитовый состав и важное свойство – увеличение объёма при повышении влажности («Основы геологии», Волгоград, 2012). Таким диагностическим свойством (при монтмориллонитовом составе глин) обладает только бентонит, являющийся продуктом диагенетических изменений вулканического пепла в водных бассейнах, главным образом, морских. Это прямо указывает на вулканический генезис шоколадных глин северной части Каспия.

Шоколадные глины залегают в северной части Каспийского бассейна в виде крупных (до 30–40 км и более) линз в унаследованных впадинах ательского рельефа. Мощность линз достигает 18 метров. Характеризуются тонкой слоистостью ленточного типа, связанной с сезонным поступлением материала, вероятно, в перигляциальной обстановке (Геология СССР, т. 46, 1970). Последнее обстоятельство также свидетельствует в пользу одновременности образования пеплов Костёнок и шоколадных глин Каспия.

ИМПАКТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ПОРОДАХ МИШЕНИ

Осенью 2011 года вдоль западного берега Ладоги был организован маршрут с целью поиска доказательств импактного происхождения котловины Ладожского озера. Были отобраны образцы, в которых при минералогическом исследовании были обнаружены все основные признаки импактного события – конусы сотрясения в сланцах, планарная трещиноватость и диаплектовые изменения в кварце среднерифейских песчаников, тагамит с включениями импактно переработанного материала пород мишени и пр. (Юрковец, 2011). В ходе маршрута был также

закартирован цокольный вал кратера, выходящий на сушу между г. Призёрском и м. Владимировским. На Карте Ладожской импактно-вулканической структуры (рис.1) он показан условным обозначением 12b.

Ещё раньше, в ходе целенаправленных поисковых работ, было найдено несколько образцов слабоокатанной гальки рыхлых кембрийских песчаников с металлического вида включениями, несущими явные признаки ударного происхождения – расходящимися от включений радиальными трещинами, прикипевшей дресвой, остатками светлой корки с металлическим блеском с внешней стороны. Некоторые включения морфологически (следами плавления и регмаглиптоподобной структурой поверхности) напоминают микрометеориты - рис.4.

В их теле присутствует визуально различимый тонкозернистый кварц, который, очевидно, был раздроблен и смешался с метеоритным веществом в момент удара - когда оно было ещё в жидком состоянии. Все подобные образцы были подняты драгой с глубины несколько метров ниже уровня грунтовых вод на карьере п. Шапки Ленинградской области, где разрабатываются песчано-гравийные отложения ледникового происхождения (Юрковец, 2011). Одно из таких включений было отправлено в Лабораторию метеоритики ГЕОХИ РАН в 2010 году, но оно не заинтересовало специалистов, исследовать его они отказались.

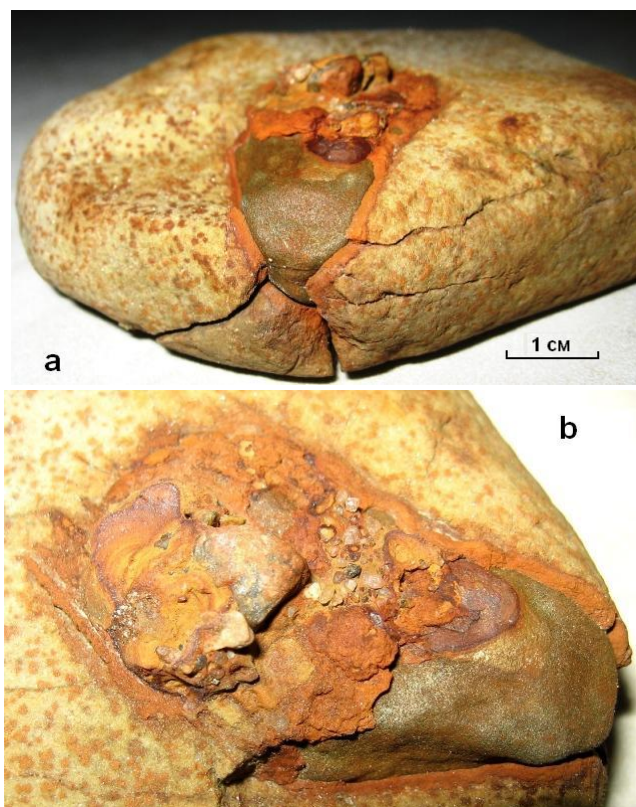


Рис.4

Образец гальки (a) кембрийского песчаника с микрометеоритом,
b – вид сверху.

Второй подобный образец в 2011 году был отправлен на обычное петрографическое исследование в Томский государственный университет «анонимно» - без указания места находки и предположений о его происхождении. Судя по описанию, которое было сделано на Кафедре петрографии Геолого-Географического факультета (результаты приведены в примечании), включение является импактной смесью метеоритного железа, преобразованного в процессе выветривания в мелантерит (образуется в коре выветривания в условиях вечной мерзлоты), с дроблёнными зёрнами кварца (80%), полевого шпата (5%) и обломками пород кварцевого состава (15%) пород мишени. В пользу метеоритного происхождения железа свидетельствуют диаплектовые изменения в кварце (облачное погасание), раздробленность и трещиноватость зёрен кварца, полевого шпата и обломков пород. В обычных, без включений, кембрийских кварцевых песчаниках таких изменений нет – в них зёрна минералов округлы, хорошо окатаны, в них не встречается остроугольных форм и сцементированы они кремнистым контактовым цементом.

Альтернативным объяснением облачного погасания кварца мог бы являться катаклаз, суть этих явлений одна – воздействие высоких давлений на кристаллическую решётку минерала, приводящее к изотропизации кристалла без признаков его плавления. Однако для толщи кембрийских слабосцементированных песчаников явление катаклаза исключено – эти горизонтально залегающие песчаники никогда не испытывали сколько-нибудь серьёзных дислокаций.

КОПТОГЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Осадочная толща среднего рифея сосредоточена, согласно данным геологической съёмки, только в пределах Ладожского прогиба и Пашского грабена, составляющих глубоководную часть Ладоги. При этом Пашский грабен рассматривается как ответвление от Ладожского прогиба в южной части последнего (Государственная геологическая карта, 2000, стр.30).

Таким образом, отложения среднего рифея слагают только толщу, расположенную внутри кратера взрыва. Это означает, что данное стратиграфическое подразделение выделено неверно - оно является излишним. Также излишним является и выделение верхнерифейской и нижневендской толщ, имеющих локальное распространение в западной части котловины Ладожского озера. Это всё - коптогенный комплекс, представленный аллогенной брекчией, образованной из осадочных пород редкинского горизонта верхнего венда, в состав которой входит разное соотношение пород мишени и импактного расплава - ударного стекла. В зависимости от количества стекла породы коптогенного комплекса

разделяются на аллогенную брекчию и зювиты. Последние внешне и микроскопически похожи на вулканические туфы, которые присутствуют в разрезе отложений глубоководной части Ладоги - Ладожском прогибе и Пашском грабене. Плюс породы, полностью образованные из импактного расплава - тагамиты, которые также встречаются в глубоководной части озера.

Толща пород Ладожского прогиба и Пашского грабена составителями Геологической карты делится на три свиты - приозёрскую, салминскую и пашскую. Последняя выделяется только в Пашском грабене.

«Приозёрская свита распространена повсеместно, залегает на архейско-протерозойском фундаменте с резким угловым несогласием и представлена разнозернистыми красноцветными аркозовыми песчаниками с прослоями коричневых аргиллитов, гравелитов и конгломератов. ... Мощность свиты в Пашском грабене более 450 м, на восточном побережье Ладоги в районе с. Салми - 60 м, а на западном побережье Ладоги - от 60 до 354 м. (Государственная геологическая карта, 2000, стр.30). Очевидно, это - аллогенная брекчия, представленная обломками осадочных отложений нижнего горизонта плитного чехла, поскольку в кварце этих песчаников обнаружена планарная трещиноватость, диаплектовые изменения и зоны плавления (Юрковец, 2011).

«Залегающая не ней салминская свита представлена потоками диабазовых, андезибазальтовых и базальтовых порфиритов, туфами и песчаниками. Песчаники по вещественному составу и структуре сходны с приозёрскими. На восточном берегу Ладоги верхняя часть разреза свиты представлена песчаниками и с тонкими прослоями карбонатов. Мощность салминской свиты в Пашском грабене 70 м, в районе с. Салми до 460 м; на западном побережье Ладоги салминская свита отсутствует» (Государственная геологическая карта, 2000, стр. 30). Как и в Попигаической астроблеме, эти слои перекрывают нижний горизонт аллогенной брекчии. Представлены они, судя по описанию, тагамитами (коптогенными диабазовыми, андезибазальтовыми и базальтовыми порфиритами), коптогенными «туфами» - зювитами, и всё теми же обломками осадочных пород плитного чехла. Нельзя только согласиться с якобы отсутствием салминской свиты на западном побережье. Скорее всего, эти слои пока не обнаружены из-за плохой изученности Ладожской впадины. По крайней мере, в волноприбойной зоне мыса Владимировский, расположенном как раз на западном побережье, образец тагамита с включениями импактно переработанного материала пород мишени был найден (Юрковец, 2011).

«Пашская свита выделяется только в Пашском грабене, где залегает на салминской свите и представлена грубозернистыми полевошпатово- кварцевыми песчаниками и гравелитами буроватого и розового цвета, содержащими обломки

кварцитов. Присутствие туфогенного материала в нижней части пашской свиты позволяет предполагать, что она входит в состав единой среднерифейской вулканогенно-осадочной серии вместе с салминской свитой» (Государственная геологическая карта, 2000, стр.30). Если содержание туфогенного материала в породе превышает 10 - 15% (в тексте не указано), то его присутствие в пашской свите объединяет её нижние слои с салминскими зювитами. Остальное следует отнести к аллогенной брекчии, образованной из пород редкинского горизонта, представленного «терригенными породами от аргиллитов до конгломератов, количество и соотношение которых в различных частях территории непостоянно» (Государственная геологическая карта, 2000, стр.33).

«**Приладожская свита**, распространённая только на Карельском перешейке ранее рассматривалась в качестве верхней подсвиты приозёрской свиты; позднее она была обособлена в самостоятельное подразделение и отнесена к верхнему рифею. С наибольшей полнотой свита изучена в районе с. Яблоновка. Здесь она представлена разнотернистыми и мелкозернистыми песками и слабосцементированными сероцветными песчаниками, тёмно-серыми до чёрных аргиллитами и доломитами. На разных уровнях в разрезе свиты наблюдаются прослои редкогалечных конгломератов мощностью до 1 м и более. Микроскопическое изучение приладожских песчаников показывает, что они местами преобразованы в туффизиты, которые представляют собой агрегат, состоящий из резорбированных и оплавленных зёрен кварца, полевого шпата и новообразованных слюд, сцементированных хлорит-серицитовой массой или карбонатом» (Государственная геологическая карта, 2000, стр.31). Вероятный генезис этой толщи, судя по описанию и положению в разрезе – коптокластитовый. Т.е. породы приладожской свиты представляют собой верхнюю - наиболее тонкую и отсортированную часть взрывной брекчии, которая оседает из облака импактного взрыва в самом конце и располагается поверх более грубообломочных фракций. Об этом же говорит и её южное (относительно кратера) пространственное расположение – вдоль шлейфа выброшенного в атмосферу пепла последующего извержения, показывающее направление сноса тонких фракций движением воздушных масс. Резорбированные и оплавленные зёрна кварца и полевого шпата импактных «туффизитов» (коптокластитов) очень хорошо вписываются в эту схему.

«**Нижневендские отложения** известны в Западном Приладожье и завершают стратиграфическую колонку Ладожского прогиба. Опорный разрез нижнего венда вскрыт скважинами в районе с. Яблоновка. Здесь на приладожской свите под четвертичными отложениями на глубине от 70 до 145 м вскрыты разнотернистые плохо отсортированные красноцветные и сероцветные песчаники яблоновской свиты, содержащие редкие гальки пород фундамента, кварцитов и песчаников типа приозёрских, а также доломитов, характерных для приладожской свиты. Е.П.Брунс описала эти песчаники как тиллитоподобные. В более поздних работах они

рассматриваются как тиллиты и на этом основании отнесены к лапландскому горизонту нижнего венда, для которых характерны ледниковые отложения» (стр.32). И далее: «Следует отметить, что редкогалечные конгломераты яблонвской свиты полностью идентичны редкогалечным конгломератам подстилающей приладожской свиты. Верхняя часть разреза свиты (около 10 м) представлена гравийными песчаниками (туффитами?), состоящими из зёрен и обломков изменённых изверженных пород основного и ультраосновного состава, сцементированных ожелезнённым хлорит-серицитовым веществом. Среди акцессорных минералов в этих песчаниках М.Т.Орловой установлены пироп, хромшпинелид, диопсид» (стр.32). Очевидно, всю эту толщу следует отнести к дресвяно-щебенчатой аллогенной брекчии, включая предполагаемые туффиты. Коптогенные «тиллиты» по гранулометрическому составу могут быть отнесены к коптокластитам, но на Карте Ладожской астроблемы (рис.1) нижневендские отложения (отдельный блок импактитов в западной части) в целом отнесены к аллогенной (грубообломочной) брекчии. В общем случае, аллогенные брекчии подстилают более высокотемпературные зювиты и тагамиты, но могут и переслаиваться с ними, образуя линзы и не выдержанные по простиранию прослои и перекрывать их, образуя покров (Бадюков, 2005). Очевидно, подобное переслаивание наблюдается в толще, отнесённой к нижневендским отложениям.

Таким образом, те локальные стратиграфические подразделения, которые искусственным образом были втиснуты между кристаллическим фундаментом и плитным комплексом чехла Русской платформы, проще и без противоречий встраиваются в геологию Приладожья в рамках импактной модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная выше картина составляет только костяк импактно-вулканической модели, построенной с предоставлением необходимого минимума свидетельств ударного происхождения Ладожской ИВС. К ним относятся: конусы сотрясения; шокковые структуры и диаплектовые изменения в кварце; тагамиты с включениями импактно изменённых минералов; совпадение химсостава тагамитов и пород мишени, пеплов и их экструзивных аналогов; стратиграфия импактных образований, наличие цокольного вала и другие детали, относящиеся к последствиям импактного события.

Как уже отмечалось, геологическое строение Ладожской астроблемы имеет много общих черт с Попигайской астроблемой, однако есть и отличия, главное из которых состоит в том, что Ладожскую астроблему нельзя рассматривать отдельно от Ладожского вулкана - вулканической постройки, явившейся результатом масштабного извержения, спровоцированного падением массивного космического тела. Вероятно, это отличие мнимое. Как отмечает Масайтис (Масайтис и др., 1980), некоторые исследователи придерживаются

первоначальной вулкано-тектонической точки зрения на возникновение Попигайской котловины. Из чего можно сделать вывод, что Попигайская астроблема и Попигайская вулкано-тектоническая кольцевая структура (Поляков, Трухалёв, 1974) являются единым сингенетическим образованием – Попигайской импактно-вулканической структурой.

Судя по всему, падение Ладожского космического тела было не единичным. Многие черты геологического строения Прионежья и морфологии котловины Онежского озера, находящегося на одном листе Геологической карты масштаба 1:1 000 000, говорят о том, что его генезис аналогичен генезису Ладожского озера. К таким чертам относятся, например, наличие пластовых тел кварцевых габбро-долеритов, морфология и состав которых идентичны Валаамскому силу габбро-долеритов (включая присутствие аплит-гранофировых жил и микропегматитов). Строение Онегоозёрского грабена, заполненного осадками, схожими по составу с ладожскими импактитами, контрастный рельеф котловины и большие глубины также свидетельствуют в пользу импактного происхождения Онежского озера.

Судя по молодости рельефа Онежской котловины, она появилась одновременно с Ладожской. В таком случае масштаб катастрофы, имевшей глобальные климатические последствия, был ещё более значительным.

ДНК-ГЕНЕАЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Археологические исследования в Костёнках - в самом центре сохранившегося ареала пепловых осадков, позволяют проследить катастрофические для человечества последствия данного климатообразующего события.

Материалы исследований самых древних культурных слоёв, находящихся под слоем вулканического пепла, показывают, что к началу Леясциемского оледенения в среднем течении Дона уже существовала высокоразвитая верхнепалеолитическая индустрия, созданная людьми современного типа – *homo sapiens*. Датируются эти слои интервалом 50-43 тысяч лет назад. Затем в начале нового оледенения (Юрковец, 2012) происходит смена комплексов. Развитый верхний палеолит Костёнок 12/4 и 5 сменяются ещё более развитым комплексом Костёнки 14 слой 4б, в котором уже присутствуют костяные украшения и даже произведения искусства – древнейшие в Европе. Позже появляется самый ранний комплекс стрелецкой культуры (Костёнки-12, слой III, тоже лежащий ниже пеплов и сочетающий уже мустьерские и верхнепалеолитические черты) и т.н. «пре-Ориньяк» Костёнок – Спицинская культура (Костёнки 17/II). Оба этих комплекса являются менее продвинутыми по отношению к предшественникам, имеющим максимальную величину т.н. «индекса продвинутости» (ИП) по Вишняцкому – 6,5 (Вишняцкий, 2006). Затем следует т.н. «Ориньяк Костёнок» – опять высокоразвитый верхний палеолит

(Костёнки 14, «слой в пепле»), который гибнет в ходе катастрофического извержения.

В результате развитый верхний палеолит среднего Дона исчезает и последующие 7 тысяч лет жизнь на данной территории очень медленно возрождается, последовательно набирая обороты в виде технологически уже не столь совершенной Стрелецкой культуры. Её поздние памятники выявлены в низовьях Северского Донца - слой 3 Бирючьей Балки 2, в бассейне Оки - Сунгирь, и в верхнем течении Камы - Гарчи (Вишняцкий, 2006). Таким образом, эта культура вновь постепенно осваивает территорию от Приазовья до северного Урала (Пермский край).

Очевидно, это же событие (которое археологами было названо «ядерной зимой» палеолита) сыграло решающую роль в исчезновении «несостоявшегося человечества» - неандертальца, распространённого тогда на Северном Кавказе, в Крыму, в Днестровско-Прутском междуречье, в Причерноморье, Приазовье, в Центральной и Западной Европе. Неандертальцы не пережили климатических последствий этого извержения ещё и потому, что для них оно было не единственным. Новые извержения спровоцировала сейсмическая волна от взрыва огромной мощности, вызванная падением ладожского космического тела. Волна прокатилась по поверхности Земли и её недрам, многократно отразившись и преломившись на границах сред и геологических структур разного порядка, что вызвало тектонические подвижки в литосфере и активизацию вулканической деятельности, по крайней мере, на Кавказе и в Средиземноморье. По этим регионам имеются данные об одновозрастных ладожскому извержениях Флегрейских полей в Италии (Мелекесцев и др., 2002) и Эльбрусского вулканического центра (Газеев и др., 2011). Таким образом, свою роль в трагедии неандертальца кроме Ладого сыграли ещё вулканы Италии и Кавказа.

На Филогенетическом древе Y-хромосомы, построенном по данным анализа гаплотипов «медленной» 22-х маркерной панели (Klyosov, Rozhanskii, 2012), к этому событию приурочено образование предковых субкладов современных гаплогрупп C, I, J, R и Q. География распространения этих гаплогрупп и возраст их общих предков показывает, что катастрофа затронула только сводные гаплогруппы IJ и QR. Гаплогруппа C отделилась от общего предка IJ и QR и мигрировала в восточном направлении задолго до этого события, судя по времени - в связи с наступлением Костёнковского межледникового (Юрковец, 2012).

Сопоставление археологических данных по палеолитическим стоянкам Костёнок, с одной стороны, и географии современного распространения дочерних ветвей IJ и QR, с другой стороны, показывает, что IJ и QR были разделены на западную и восточную ветви пепловым шлейфом,

протянувшимся с севера на юг от будущей Ладоги (она тогда ещё не существовала) и до Приазовья. Это, в свою очередь, означает, что развитый верхний палеолит был принесён в Западную Европу, Левант и Сибирь с территории Русской равнины, где имеются его корни, уходящие по времени в предшествующую мустьерскую эпоху.

Приложение: результаты петрографического анализа железистого включения в кембрийском песчанике.

Песчаник олигомиктовый, тонко-мелкозернистый, зернистый, алевритовый, с поровым открытым, коррозионным, железистым цементом

Песчаник сложен зернами размером от 0,01 до 0,3 мм, но преобладают (около 50%) зерна размером от 0,1 до 0,25 мм (мелкозернистая фракция), в количестве до 20% содержатся зерна размером от 0,01 до 0,025 мм (тонко-зернистая фракция, в незначительном количестве (до 5%) присутствуют зерна от 0,25 до 0,3 мм (среднезернистая фракция). Сортировка средняя. Для песчаников характерно присутствие алевритовой примеси (~25%). Зерна различной степени окатанности, от угловатых, полуокатанных до хорошо окатанных, отмечаются также удлиненные зерна. Большая часть зерен корродированы железистым веществом цемента, что искажает форму и размер зерен (рис. 5).

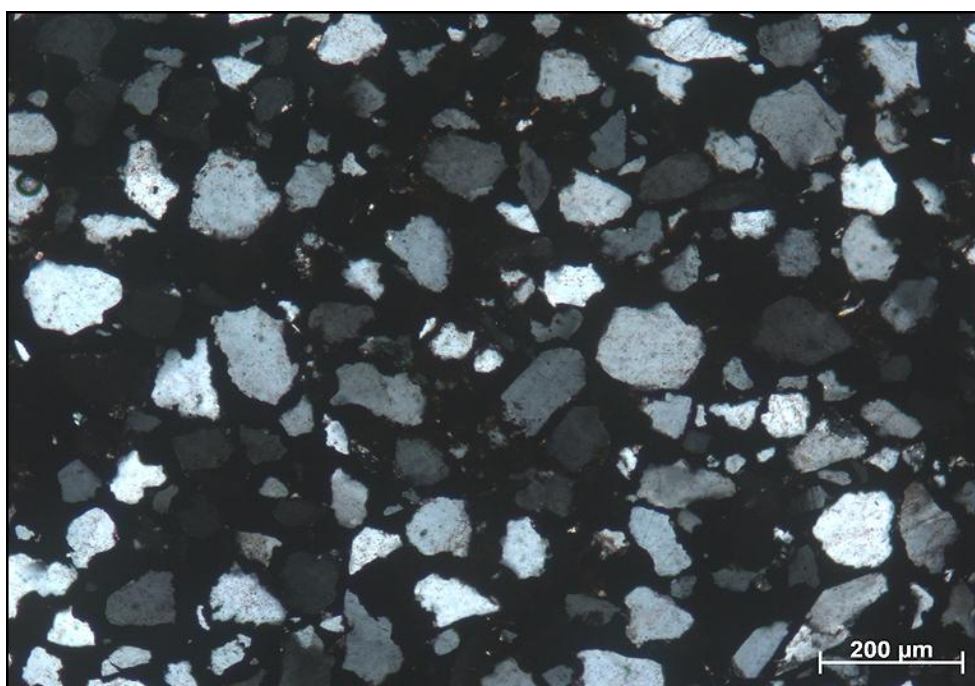


Рис. 1. Коррозия зерен кварца железистым цементом. Николи X.

Текстурные особенности породы выражаются в хорошо проявленной тонкой слоистости, обусловленной чередованием зерен песчаной и алевритовой размерности. Состав обломочной части олигомиктовый (по классификации Шванова В.Н.): кварца ~80%, полевые шпаты ~5%, обломки пород ~15%.

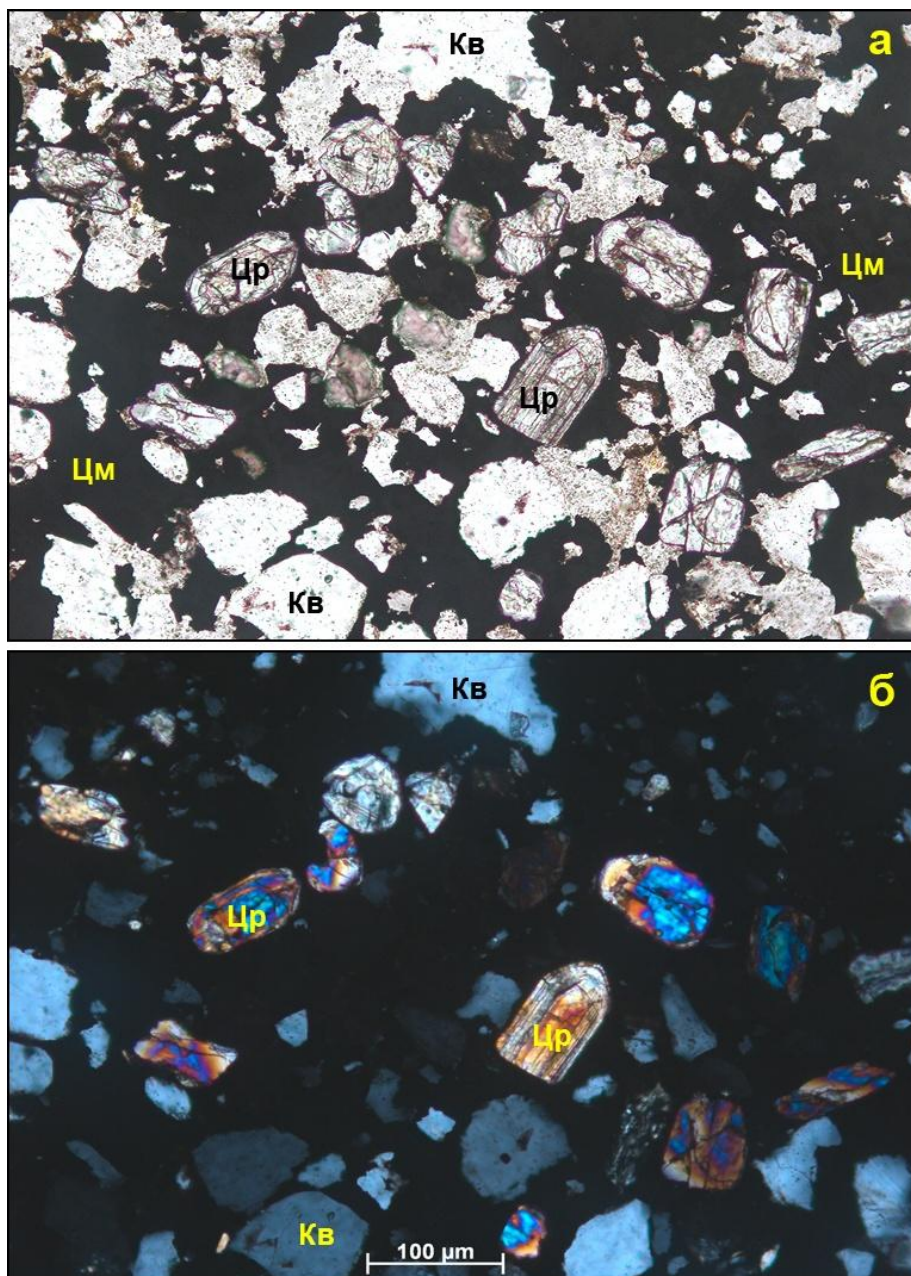


Рис. 2. Габитус зерен циркона (Цр) в песчанике. Кв-кварц, Цм-железистый цемент. Николи: а) - II, б) - X.

Зерна кварца интенсивно корродированны, видимый размер колеблется в пределах от 0,01 мм до 0,3 мм. Отдельные зерна регенерированы, ширина регенерационной каемки не более 0,01 мм. Кварц мутный, иногда трещиноват, с облачным погасанием.

Полевые шпаты присутствуют в незначительном количестве, представлены калишпат-пертитом, микроклином, плагиоклазом. Зерна корродированны, видимый размер зерен от 0,05 до 0,15 мм. Они, обычно прозрачные, без продуктов замещения. Нерешетчатый калишпат имеет при одном никеле буроватый оттенок из-за пелитизации.

Обломки пород представлены кварцитами и силицитолитами. Зерна также корродированны, видимый размер зерен от 0,03 до 0,20 мм. Обломки кварцитов отличаются равномерно-зернистой, гранобластовой микроструктурой. Обломки силицитоцитов кварцевого состава отличаются наличием микрозернистой структуры.

Рис. 3 (фрагмент 2).

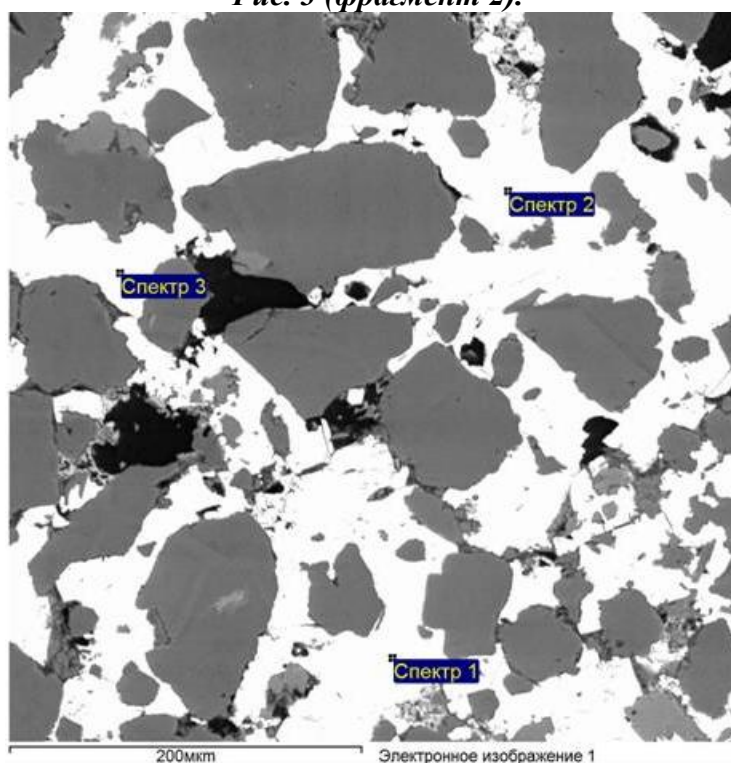


Таблица 1

Спектр 1

Элемент	Усл.	Интенсивность	Весовой %	Весовой %	Атомный%	Соед. %	Формула	Число
	Конц.	Попр.		Сигма				Ионов
Si K	0.22	0.8355	0.13	0.02	0.11	0.28	SiO2	0.01
S K	52.64	0.9623	27.34	0.08	19.83	68.26	SO3	2.27
Fe K	41.24	0.8532	24.15	0.10	10.06	31.07	FeO	1.15
As L	0.52	0.8688	0.30	0.05	0.09	0.39	As2O3	0.01
O			48.08	0.10	69.91			8.00
Итоги			100.00				Сумма катионов	3.44

Спектр 2

Элемент	Усл.	Интенсивность	Весовой %	Весовой %	Атомный%	Соед. %	Формула	Число
	Конц.	Попр.		Сигма				Ионов
Si K	0.22	0.8359	0.12	0.02	0.10	0.27	SiO2	0.01
S K	54.90	0.9627	27.34	0.08	19.83	68.27	SO3	2.27
Fe K	43.11	0.8532	24.23	0.10	10.09	31.17	FeO	1.15
As L	0.41	0.8680	0.23	0.04	0.07	0.30	As2O3	0.01
O			48.08	0.10	69.90			8.00
Итоги			100.00				Сумма катионов	3.44

Спектр 3

Элемент	Усл.	Интенсивность	Весовой %	Весовой %	Атомный%	Соед. %	Формула	Число
	Конц.	Попр.		Сигма				Ионов
Si K	0.14	0.8367	0.08	0.02	0.07	0.17	SiO2	0.01
S K	54.16	0.9634	27.45	0.08	19.89	68.53	SO3	2.28
Fe K	42.17	0.8530	24.14	0.10	10.05	31.06	FeO	1.15
As L	0.33	0.8684	0.18	0.04	0.06	0.24	As2O3	0.01
O			48.15	0.10	69.94			8.00
Итоги			100.00				Сумма катионов	3.44

Рис. 4 (фрагмент 2).

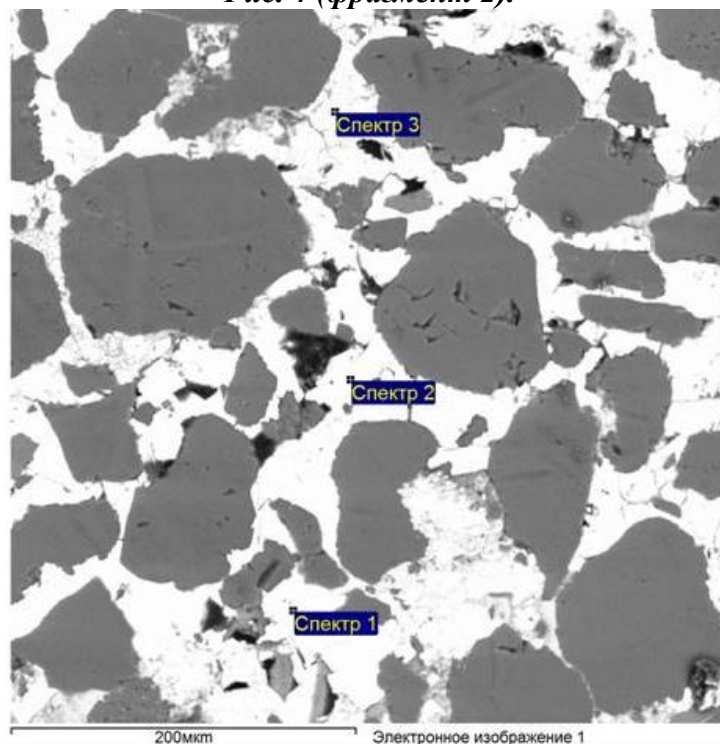


Таблица 2

Спектр 1								
Элемент	Усл.	Интенсивность	Весовой %	Весовой %	Атомный%	Соед.%	Формула	Число
	Конц.	Попр.		Сигма				Ионов
Si K	0.20	0.8370	0.12	0.02	0.10	0.25	SiO2	0.01
S K	53.70	0.9635	27.32	0.08	19.82	68.21	SO3	2.27
Fe K	42.41	0.8532	24.36	0.10	10.15	31.34	FeO	1.16
Co K	0.27	0.8373	0.16	0.06	0.06	0.20	CoO	0.01
Br L	0.00	0.6365	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
O			48.05	0.10	69.87			8.00
Итоги			100.00				Сумма катионов	3.45
Спектр 2								
Элемент	Усл.	Интенсивность	Весовой %	Весовой %	Атомный%	Соед.%	Формула	Число
	Конц.	Попр.		Сигма				Ионов
Si K	0.18	0.8330	0.12	0.02	0.10	0.26	SiO2	0.01
S K	45.32	0.9602	27.22	0.09	19.81	67.98	SO3	2.27
Fe K	35.68	0.8539	24.10	0.11	10.07	31.01	FeO	1.15
Co K	0.29	0.8380	0.20	0.06	0.08	0.25	CoO	0.01
Br L	0.55	0.6386	0.50	0.05	0.15	0.00		0.02
O			47.85	0.11	69.79			7.98
Итоги			100.00				Сумма катионов	3.44
Спектр 3								
Элемент	Усл.	Интенсивность	Весовой %	Весовой %	Атомный%	Соед.%	Формула	Число
	Конц.	Попр.		Сигма				Ионов
Si K	0.43	0.7684	0.42	0.03	0.39	0.90	SiO2	0.05
S K	22.19	0.9288	18.04	0.09	14.81	45.05	SO3	1.82
Fe K	48.77	0.8835	41.69	0.14	19.64	53.63	FeO	2.42
Co K	0.38	0.8668	0.33	0.09	0.15	0.42	CoO	0.02
Br L	0.00	0.5695	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
O			39.52	0.14	65.01			8.00
Итоги			100.00				Сумма катионов	4.31

В незначительном количестве присутствует мусковит. Единичные удлиненные чешуйки минерала выделяются яркими цветами интерференциями, погасание прямое.

В заметном количестве присутствует циркон (рис. 2), реже встречаются рутил и эпидот. Следует отметить, что акцессорные минералы распределены неравномерно и приурочены к нескольким алевро-псаммитовым прослоям. Зерна хорошо окатаны, выделяются как удлиненные зерна, так и округлые. Размер зерен до 0,1 мм.

Цемент поровый, открытого типа, коррозионный, железистый. По данным микронзондового анализа (рис. 3, 4; табл. 1, 2) минерал цемента соответствует мелантериту, который «в большом количестве накапливается при окислении сульфидных месторождений в условиях вечной мерзлоты» (Штрюбель, Циммер, 1987).

*Заведующий Кафедрой петрографии
Геолого-Географического факультета ТГУ
доктор геолого-минералогических наук Чернышов А.И.*

Литература:

- Бадюков Д.Д.,** 2005. Метеоритные кратеры на территории России. Сайт ГЕОХИ РАН, http://www.meteorites.ru/menu/encyclopaedia/ruscraters_full.html.
- Бадюкова Е.Н.** 2007. Возраст хвалынских трансгрессий Каспийского моря. Океанология. Т.47. №3. май-июнь. С.325-480.
- Вишняцкий Л.Б.,** 2006. Культурная динамика в середине позднего плейстоцена и переход к верхнему палеолиту. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора исторических наук. Санкт-Петербург. С. 359
- Газеев В.М., Губанов А.Г., Лексин А.Б., Докучаев А.Я., Исаков С.И.,** 2011. Плиоцен-четвертичные пеплы на территории Южного Федерального округа (проблемы, парадоксы, идеи) // Вестник Владикавказского научного центра, 2(3):39-47
- Холмовой Г.В.,** 2008. Морфоскопические особенности неогеновых и четвертичных вулканических пеплов Воронежской области // Вестник ВГУ, серия: Геология. №1.
- Геология СССР. Том 6.** Брянская, Орловская, Курская и Тамбовская области. Часть 1. Геологическое описание. Редакторы Дубянский А.А. и Хакман С.А. М.: Государственное издательство геологической литературы, 1949.
- Геология СССР. Том 37.** Карельская АССР. Геологическое описание. Редакторы Антропов П.Я., Кратц К.О. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1960.
- Геология СССР. Том 46.** Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР. Геологическое описание. Редактор Белов Ф.А. М.: Недра, 1970.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации.** Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист Р-(35)-37 - Петрозаводск. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. 322 с. + 1 вкл.
- 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.
- Институт озероведения РАН, ответственный редактор Румянцев В.А.,** 2002. Атлас «Ладожское озеро». Санкт-Петербург.
- Карта четвертичных отложений Европейской части СССР и прилегающих территорий.** Масштаб 1:1 500 000. Редактор Краснов И.И. ВСЕГЕИ, 1971.
- Клёсов А.А.** 2011. ДНК-генеалогия основных гаплогрупп мужской половины человечества (Часть 2) // Вестник Российской академии ДНК-генеалогии (ISSN 1942-7484). Raleigh, N.C., Lulu. Т.4. № 7. С. 1367-1494.
- Лазуков Г.И., Гвоздовер М.Д., Рогинский Я.Я.,** 1981. Природа и древний человек М: Издательство "Мысль". 169.
- Масайтис В.Л., Данилин А.Н., Машак М.С., Райхлин А.И., Селивановская Т.В., Шаденков Е.М.,** 1980. Геология астроблем. Л.: Недра, 231 с.
- 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.
- Основы геологии** (сайт). Волгоград. 2012. <http://bitel.kg/osnovygeologii/>.
- Поляков М. М., Трухалев А. Н.,** 1974. Попиганская вулкано-тектоническая кольцевая структура. Известия АН СССР. Сер. геол., № 4, с. 85 – 94.
- Свириденко Л.П., Светов А.П.,** 2008. Валаамский силл габбро-долеритов и геодинамика котловины Ладожского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 123 с. ISBN 9785-3274-0335-6
- Физико-географический атлас мира.** Четвертичные отложения СССР. ВСЕГЕИ, 1964.
- Юрковец В.П.,** 2011. Ладожская астроблема// Вестник Российской академии ДНК-генеалогии. (ISSN 1942-7484). Raleigh, N.C., Lulu. 2011. Т.4. № 10. С. 1997-2018. Т.4 №12. С. 2263-2281.
- Юрковец В.П.,** 2012. Климатические катастрофы и история миграций основных гаплогрупп мужской половины человечества// Вестник Российской академии ДНК-генеалогии. (ISSN 1942-7484). Raleigh, N.C., Lulu. 2012. Т.5 №5. С. 568-586.
- Anatole A. Klyosov, Igor L. Rozhanskii,** 2012. Re-Examining the “Out of Africa” Theory and the Origin of Europeoids (Caucasoids) in Light of DNA Genealogy. Advances in Anthropology. Vol.2, No.2, 80-86. DOI:10.4236/aa.2012.22009.
- 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/>