



ISSN 1607–2855

Том 5 · № 1–2 · 2004 С. 30–33

УДК 523.4–834.4

Диагностика взрывного кратера по материалам исследования озера Светлояр

А.К. Киселев

Нижегородский государственный педагогический университет

Автором предлагается взрывное происхождение озера Светлояр

ДІАГНОСТИКА ВИБУХОВОГО КРАТЕРА ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЗЕРА СВІТЛОЯР, Кисельов О.К. — Автор пропонує вибухове походження озера Светлояр.

DIAGNOSTICS OF IMPACT CRATER ON A MATERIAL OF RESEARCH OF LAKE SVETLOYAR, by Kiselev A.K. — The author offers to consider an explosion origin of lake Svetloyar.

Картина встречи космического тела с поверхностью нашей планеты определяется массой и скоростью «космического гостя». Минимальная скорость вхождения в атмосферу равна второй космической скорости (для Земли 11.2 км/с); максимальная скорость является результирующей величиной, определяемой сложением векторов второй космической скорости, скорости вращения планеты вокруг Солнца и скорости метеорного тела вдали от планеты (для Земли эта суммарная величина не превышает 72.8 км/с). Сохранение скорости движения космического тела в процессе падения в атмосфере зависит от ее плотности и толщины, а также от диаметра самого метеорита. Двигаясь в атмосфере, метеорит перемещает объем газа, равный поперечному сечению метеорита, помноженному на длину траектории. Если масса газа больше 10 масс метеорита, то скорость последнего в конце пути не превышает 10% первоначальной, т.е. он тормозится в атмосфере настолько, что достигает Земли, имея незначительную, по отношению к первоначальной скорости входа в атмосферу Земли, скорость. При малых скоростях (до 3 км/с) удара о поверхность Земли за счет дробления пород (мишени) и выброса обломков образуется лунка или воронка, так называемый ударный метеоритный кратер. При больших скоростях соударение сопровождается взрывом, при этом формируется воронка, диаметром многократно превышающая диаметр ударника. Такая структура называется взрывным метеоритным кратером. Кинетическая энергия влетающего в породу мишени тела превышает его внутреннюю энергию, определяемую энергией химических связей. Падающее тело можно уподобить в такой момент струе газа, впрыснутой в породу мишени.

Взрывные кратеры на земной поверхности начали открывать и исследовать лишь в начале XX века. Первым среди известных на сегодня 150 земных кратеров стал Аризонский кратер (диаметр 1200 м.) Начав в 1905 г., в результате 20-летних исследований инженер Д.Баринджер собрал неопровержимые доказательства его метеоритного происхождения. Вслед за Аризонским были обнаружены другие метеоритные кратеры: в 1921 г. — Одесса (Штат Техас, США) диаметром 160 метров, в 1927 г. — группа кратеров Кали на острове Саарема (Эстония) с главным кратером диаметром 110 метров, в 1931 г. — группа из 13 кратеров в Хенбери (Австралия) с эллипсовидным центральным кратером 220 × 110 м, в 1932 г. — два кратера Вабар в Саудовской Аравии (диаметр большего 100 м). Выявление кратеров производилось по признаку наличия круглой формы, вала. Однако основным критерием считалось наличие фрагментов метеоритного вещества — никелистого железа.

В 1950 г. канадский геолог В.Мин, обследовав круглое озеро Нью-Квебек, установил по ряду признаков, что это крупный метеоритный кратер диаметром 3.4 км. До этого самым большим кра-

тером на Земле считался Аризонский, диаметр которого был втрое меньше. А в 1951 г. в Канаде был открыт кратер Брент (3.5 км). Это заставило канадских ученых предпринять систематические поиски структур, которые могут быть метеоритными кратерами. Их поиск велся по аэрофотоснимкам. Главными диагностическими признаками метеоритной природы стали наличие под дном кратера брекчии (мелко раздробленных обломков пород) и следов ударного метаморфизма: импактитов, плотных модификаций пород — коэсита и стишевита и, наконец, конусов разрушения. В результате на территории Канады были обнаружены 24 структуры, несомненно, ударного происхождения. Поисками метеоритных кратеров занимались и в других странах.

Начиная с 70-х годов, крупные кольцевые структуры были обнаружены и на территории нашей страны. Ленинградским геологом В.Л.Масайтисом было доказано, что гигантская (100-километровая) котловина в районе реки Попигаи на Таймыре представляет собой метеоритный кратер. За Попигойским кратером были исследованы астроблемы: Болтышская (24 км), Каменская (25 км), Карская (50 км), Пучеж-Катунская (80 км), Янисъярви (13 × 17 км), Эльгыгытгын (18 км), Калуга (15 км), Жеманшин (5 км) и др.

Поиски и открытия метеоритных кратеров на земном шаре продолжают и на сегодняшний день. Земля как космическая мишень приняла свою долю ударов космических странников: метеоров, астероидов, ядер комет. В этом отношении она ничем не отличается от других планет и их спутников. Однако на поверхности Земли тектонические процессы, водная и ветровая эрозия сделали свое дело, и многие астроблемы не сохранились.

В качестве предполагаемой астроблемы автором было предложено исследовать известное озеро Светлояр, находящееся на территории Нижегородской области. Это озеро является местом религиозного паломничества жителей Нижегородской и других областей. Люди, проживающие возле озера и посещавшие его, слагали о нем легенды и мифы. Воспевая его уникальность, по-своему образно объясняли смысл и причину его существования. Один из мотивов народных сказаний об озере, наиболее почитаемый, получил всемирную известность, став сюжетом ряда выдающихся произведений оперного искусства, живописи, художественной литературы. Это легенда о чудесном исчезновении града Китежа.

Этот мотив и привлек к берегам озера в конце 60-х годов XX века ученых-естествоиспытателей. Внимание экспедиций первоначально было направлено на поиск и обнаружение остатков исчезнувшего города, о котором повествуется в легенде, однако позднее на первый план выходит задача обоснования нетипичной для окружающей равнинной местности морфологии озера.

Как результат продолжительных исследований, появляется ряд противоречивых гипотез, объясняющих происхождение озера. Перечислим эти гипотезы:

1. Гипотеза ледникового происхождения. Светлояр очень напоминает типичные ледниковые озера Валдая, Карелии, Прибалтики. Глубина, прозрачность и чистота воды, береговой вал холмов, похожий на ледниковую морену — все это свидетельствует в пользу мнения о ледниковом происхождении Светлояра. Однако Светлояр никак не может быть ледниковым озером. На Валдае, в Прибалтике, на севере ледник ушел 12–15 тыс. лет назад, а здесь, в междуречье Керженца и Ветлуги, — 200–300 тыс. лет назад. Существующие здесь ледниковые озера давно заилились, заросли торфяниками. Их максимальная глубина на сегодня не превышает 3 метров.

2. Гипотеза карстового происхождения. Карстовые озера образуются вследствие размыва подземными водами легко вымываемых пород и последующего провала поверхности земли. В пользу карстовой гипотезы говорит довольно мощный илистый слой на дне Светлояра, круто уходящие вглубь берега, большая глубина озера. Система концентрических уступов, террас, наводит на мысль о формировании провала озерной чаши в несколько этапов. Однако произведенное глубокое бурение в непосредственной близости от озера показало отсутствие карстующихся пород и следов размывания до глубин ~ 200 м. Гипотеза оказалась несостоятельной, хотя попытки реанимировать гипотезу повторяются, в частности, сделано предположение о появлении карстовой ниши на больших глубинах с последующим обрушением «потолка» и постепенным выходом образовавшейся полости на

поверхность.

3. С подачи одного из организаторов экспедиции от «Литературной газеты» в 1969 г. к озеру Светлояр геолога В.Никишина вероятной предполагалась гипотеза о тектоническом происхождении озера. Однако против этой гипотезы говорит хотя бы не характерная для тектонических озер форма Светлояра. Кроме того, толща рыхлых осадочных пород над кристаллическим щитом в данной местности много больше диаметра самого озера, что исключает возможность привлечения такого механизма возникновения озера.

4. Существовало также предположение о вулканическом происхождении Светлояра, поскольку ложе озера напоминает затопленный кратер. Однако эта гипотеза маловероятна.

За многие годы было построено много различных противоречивых предположений о происхождении озера.

Автору статьи неоднократно приходилось бывать на озере Светлояр. Идея о метеоритном происхождении озера зрела давно. Внешнее сходство озера с взрывными метеоритными кратерами было очевидным. Однако, чтобы сделать серьезное заключение о метеоритном происхождении озера одного внешнего сходства мало. Необходимо было по многим параметрам сравнить и проанализировать строение всей геологической структуры озера Светлояр с уже наработанным мировой наукой материалом о строении метеоритных кратеров и процессов кратерообразования.

Процесс кратерообразования сопряжен со взрывом внедрившегося в земную породу на глубину порядка своего диаметра ударника, скорость движения которого превышает предел 3 км/с. Вся энергия движения мгновенно преобразуется в энергию ударной волны, радиально от точки удара распространяющуюся по породам «мишени» со скоростью в несколько км/с (например, в осадочных породах 3–5 км/с). Ударная волна сжимает вещество пород мишени с силой до 30–50–100 ГПа. Подъем давления до максимального происходит за несколько миллиардных долей секунды, а время нахождения породы в сжатом состоянии колеблется от долей секунды до нескольких секунд (в зависимости от общей энергии удара). Такое чудовищное сжатие вызывает сильный нагрев породы — до 10 000 °С и более, поэтому когда ударное сжатие сменяется разрежением (ударная волна проходит), разгрузка вызывает переход энергии, запасенной в породе при сжатии, частично в механическую энергию (которая расходуется на дробление пород мишени и выброс обломков из воронки), а большая часть энергии переходит в тепловую (обеспечивающую нагрев, плавление и испарение вещества мишени). Расширение испаренного вещества и создает картину взрыва. Энергия, реализуемая при столкновении, очень быстро убывает по мере удаления от точки удара. Давление падает обратно пропорционально квадрату или даже кубу расстояния по радиусу от центра формирующегося метеоритного кратера. Также быстро падает и температура пород. И поэтому на границе астроблемы в породах отсутствуют признаки воздействия ударной волны на вещество.

Осенью 1999 года автором статьи была организована первая экспедиция к озеру Светлояр. Целью экспедиции стало изучение морфологии озерной впадины Светлояра, в частности, надводной ее части, холмов вокруг озера. В ходе этой экспедиции выполнялась топографическая съемка по нескольким радиальным профилям.

В итоге было установлено соответствие топологической формы озера и его окрестностей форме метеоритных кратеров. Кратер имеет сложное строение кальдеры, дно слагают три последовательных концентрических уступа (мультиринговая структура воронки) — явление, свойственное для взрывных кратеров. Вся геологическая структура озера имеет форму яйца, максимум глубин смещен в сторону максимума высот вывала, облегающих острую часть яйцевидной формы. Такая асимметрия объясняется косым ударом кратерообразующего метеорита.

Летом 2000 года была организована более масштабная экспедиция, в состав которой вошло около 30 участников (студентов и школьников г. Дзержинска и Нижнего Новгорода). Основная задача — исследование морфологии вывала. В итоге было определено наличие такого вывала в виде подковообразной горки (холмов) вокруг озера. Холмы оказались покрыты незначительной толщей пород пермского и триасового геологических периодов. Разработка шурфов показала наличие обратной

стратиграфии (последовательности) залегания пород вывала. Определен единый тип морфологии в трех перпендикулярных радиальных направлениях от озера. Собранные факты удовлетворительно объясняются метеоритной гипотезой.

Летом 2001 года состоялась третья научная экспедиция к берегам озера. Основная задача — поиск следов взрыва метеорита в минералах пород, слагающих берега озера.

Промывая породы, удалось выделить фракцию черного пористого минерала, имеющего форму сферически-продолговатых гранул (в основной массе 5 и менее миллиметров в диаметре). Массовая доля минерала в отдельных промытых пробах составила до 10% вещества. Природа минерала требует дополнительного лабораторного исследования. Тем не менее, были обнаружены формы ударной метаморфизации пород, слагающих кратер.

Работу по исследованию озера нельзя считать завершенной. Еще много деталей в строении и образовании озера требуют дополнительного изучения. Основной трудностью следует полагать отсутствие должной методологии диагностики подобного кратера. Образование данного взрывного кратера происходило на рыхлых осадочных породах. Применяемые до сих пор к другим кратерам, диагностические признаки были либо сопряжены с обнаружением собственно вещества метеорита-ударника в небольших по диаметру кратерах (это вещество было представлено исключительно никелистым железом), либо с явлениями проявления ударного метаморфизма на монолитном щите горной породы.

1. *Киселев А.К.* Метеоритное происхождение озера Светлояр // Международная конференция «Космическая защита Земли». Тезисы докладов. — Евпатория (Украина), 11–15 сентября 2000. — С. 46.
2. *Мелош Г.Дж.* Образование ударных кратеров. Геологический процесс. — М.: Мир, 1994. — 336 с.
3. *Хрянина Л.П.* Метеоритные кратеры на земле. — М.: Недра, 1987. — 112 с.

Поступила в редакцию 9.09.2004