
ДИСКУССИИ, ОБСУЖДЕНИЯ

УДК 551.24 (234.9)

DOI: 10.23671/VNC.2013.1.55568

О НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ И ФАКТИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЯХ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ МЕХАНИЗМОВ СЕЛЕВЫХ ЛЕДНИКОВЫХ КАТАСТРОФ: КОЛКА, 2002

© 2013 М. Г. Бергер^{1,2}, д.г.-м.н., проф., Х. О. Чотчаев², с.н.с.

¹Международный инновационный научно-технологический центр «Устойчивое развитие горных территорий»;

²Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова 93а. e-mail: berger7@rambler.ru.

В статье высказаны замечания по основным положениям гипотезы В. Л. Познанина и С. Г. Геворкяна о механизмах подготовки и проявления катастрофы 2002 г. на леднике Колка. Показаны физическая необоснованность и ошибочность этой гипотезы и ее несоответствие реальным фактам.

Ключевые слова: ледник Колка, катастрофа 2002 г., висячие ледники, крупные обвалы, импактное (ударное) воздействие.

Согласно В. Л. Познанину и С. Г. Геворкяну [Познанин, Геворкян, 2007, 2008; Познанин, 2009, с. 153], крупные ледово-каменные обвалы массой 10^8 - 7×10^9 кг способны легко в течение 1 секунды пробить ледник толщиной 150 м.

Эти представления лежат в основе изложенной в многочисленных публикациях гипотезы В. Л. Познанина и С. Г. Геворкяна, суть которой состоит в предполагаемом ими многократном ударе по леднику Колка крупных обвалов, вызванных, по их мнению, землетрясениями, в большинстве своем слабыми и отдаленными. Согласно авторам [Познанин, Геворкян, 2008, с. 92], в толще ледника обвальное тело образует «выпуклые лопастевидные тела, приподнимающие собой поверхность ледника», достигают границы ледника и субстрата и настолько сотрясают последний, что упругие волны отрывают ледник от его основания. С момента удара о поверхность ледника до полной потери кинетической энергии обвальное тело успевают преобразовать треть своей энергии в тепло, которое расходуется на образование воды. Суммарное количество образовавшейся таким путем воды составляет более 11 млн м³ [Познанин, 2009, с. 158], которое и выталкивает ледник из ложа.

Ниже высказаны некоторые замечания по основным положениям этой гипотезы.

Висячие ледники, как это видно, в частности, на космическом снимке от 19 августа 2002 г. [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005], не концентрируются своими массами на высоте 1150 м над поверхностью ледника Колка (как принимают в своих расчетах В. Л. Познанин и С. Г. Геворкян [Познанин, Геворкян, 2007, с. 86]), а представляют собой ледяные блоки протяженностью 600-1000 м, ниспадающие

по северной и северо-восточной экспозициям цирка, не превышающим угол наклона к горизонту 45° . При единовременном обвале всей массы отдельного висячего ледника его центр тяжести располагается на высотах 500-600 м. Даже если пренебречь трением при движении ледовых блоков вниз по склону, то ускорение не превысит $6,93 \text{ м/с}^2$. Соответственно, исходя из высоты расположения центров и ускорения падения ледовых обвалов, нетрудно определить, что скорость ледовых обвалов в момент достижения ими поверхности ледника Колка не может превышать 83 м/с . При этом никакого основания опрокидываться ледовым блокам, да еще с вращением [Познанин, Геворкян, 2007, с. 88], на таком склоне нет, и утверждения обратного – ничто иное, как от лукавого. Траектория движения крупных обвальных масс льда вниз по склону под углом 45° предопределяет *выкат* этих масс на поверхность ледника Колка, выстилание ими этой поверхности и в какой-то мере, возможно, *скольжение* их по поверхности ледника, а не свободное падение и вертикальный удар по леднику, как это принимают в своих рассуждениях В. Л. Познанин и С. Г. Геворкян [2007, с. 86]. Отсутствие возможности вертикального падения обвальных ледовых и ледово-каменных масс (висячих ледников и их скального основания) на поверхность ледника («на ровный участок поверхности примерно в центре тыловой части ледника Колка» [там же]) наглядно видно из представленных на рис. 1 профилей продольного и поперечного сечений ледникового цирка. (Палеольдом на этих графиках условно названы подстилавшие выброшенный ледник отложения донной морены, ледовые и ледово-каменные массы различного генезиса и времени образования, сохранившиеся в ложе ледника Колка после катастрофы).

Но и при более крутых склонах, как известно, обвальные массы объемом более 5 млн м^3 в отсутствие трамплина «как бы текут по склону, не отрываясь от него, даже если он субвертикальный» [Федоренко, 1988, с. 119].

* * *

На приведенном в работе О. В. Тутубалиной и др. [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005] космическом снимке *Landsat 7 ETM+* от 19 августа 2002 г. (рис. 2) положения висячих ледников на обеих экспозициях цирка отчетливо видны. Их языки практически подпирают южные и западные контуры основного карово-долинного ледника, что способствует сползанию (безусловно, скоростному) обвальных масс на поверхность основного ледника.

Эффективное воздействие на тыльную часть ледника Колка могли оказать, при их обрушении, висячие льды двух обобщенных площадок, расположенных к югу и юго-западу от тыльной части ледника Колка. Площадь концентрации этих льдов составляет около $0,67 \text{ км}^2$. (Определенная по данным космофотосъемки суммарная площадь висячих ледников, обрушившихся на ледник Колка перед катастрофой, составляет $0,34 \text{ км}^2$ [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005]). Независимо от количества льда, сконцентрированного на такой площадке, физика воздействия обрушенных масс на ледник противоречит выдвинутой В. Л. Познаниным и С. Г. Геворкяном [Познанин, 2009; Познанин, Геворкян, 2007, 2008 и др.] гипотезе импактного воздействия и его последствий, предполагаемых указанными авторами.

Рассмотрим основные феноменологические последствия импактного (ударного) воздействия обвальных масс на ледник Колка, допуская сценарий, предложенный В. Л. Познаниным и С. Г. Геворкяном.

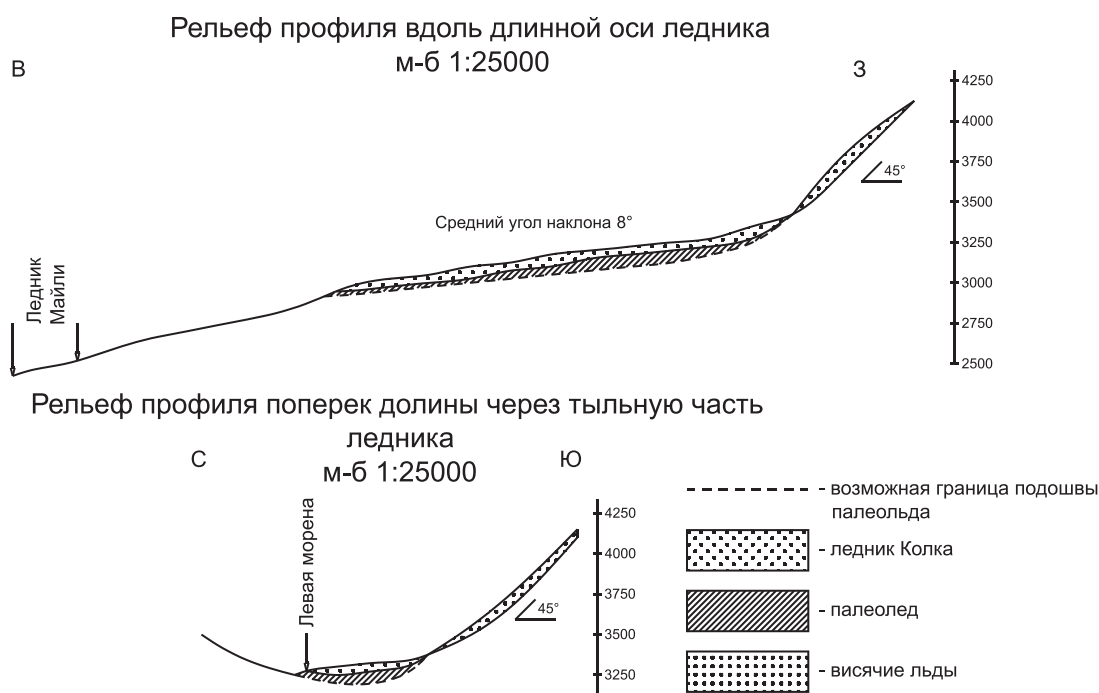
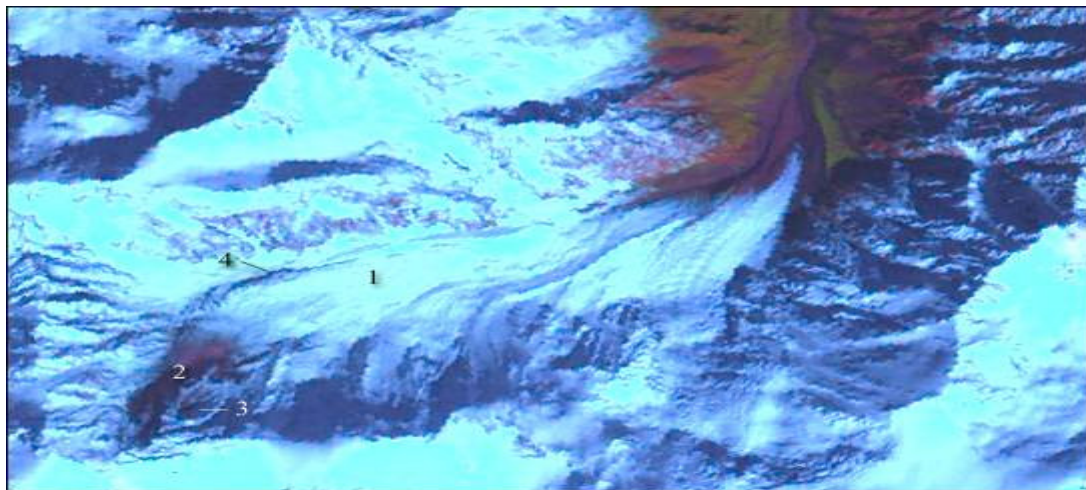


Рис. 1.

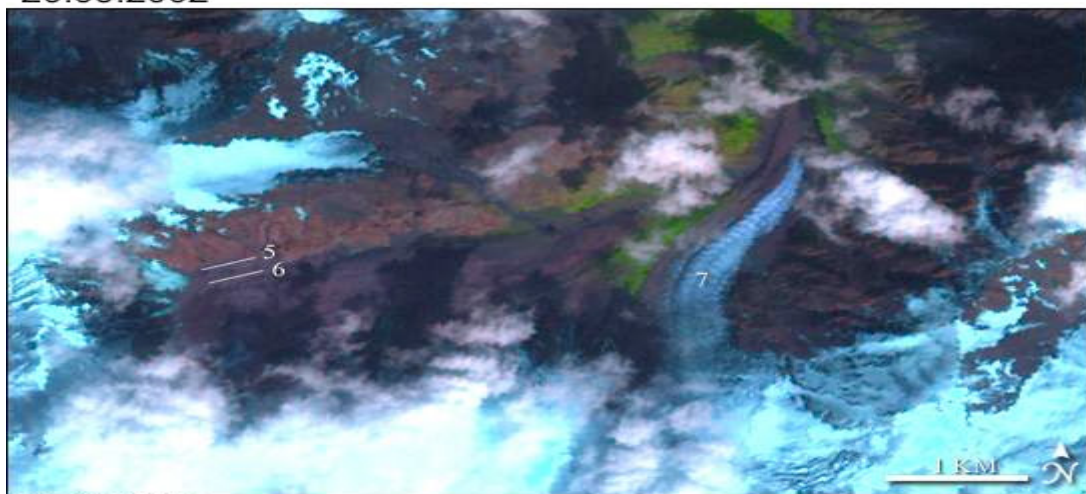
Для превращения энергетического эталона [Познанин, Геворкян, 2007, с. 85] (1331 м^3 льда нулевой температуры) в воду той же температуры (при относительной высоте центра обвала над поверхностью ледника Колка $H = 500 \text{ м}$, ускорении вниз по склону $g \cos 45^\circ = 6,93 \text{ м/с}^2$, скорости до 83 м/с) критическая масса обвального льда (содержанием каменного материала в количестве до 10% пренебрегаем) должна составить $4,3 \times 10^5 \text{ т}$. Отдельно взятый обвал объемом 7 млн м^3 растопит 21922 м^3 воды, а все порции обвалов даже суммарного объема 50 млн м^3 приведут к образованию 156588 м^3 воды, что увеличит дебит реки Колка на 2 л/с на суточный срок или покроет площадь ложа ледника слоем воды толщиной 6 см .

Если, как предполагается [Познанин, 2009, с. 157], в ложе накопилось $6,6 \text{ млн м}^3$ воды, то почему же эта вода не проявила себя разгрузкой в р. Геналдон сквозь водонасыщенный 20-метровый подошвенный пористый слой ледника, образованный, как утверждают В. Л. Познанин и С. Г. Геворкян [2008], последующим термоэффектом обвальных масс в недрах ледника, их ударами о подледный субстрат и упругими волнами, распространяющимися в этом субстрате?

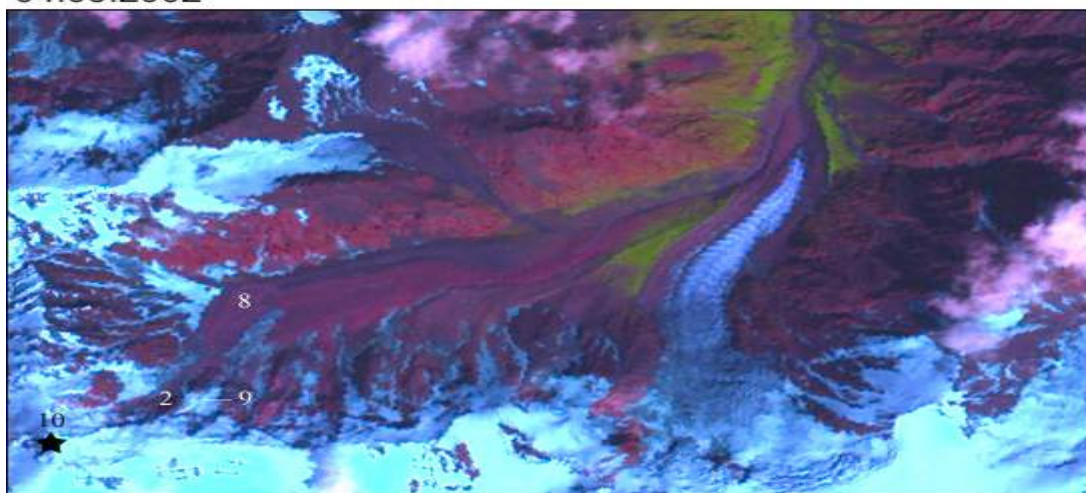
Обвальная ледяная масса объемом 7 млн м^3 при ускорении $6,93 \text{ м/с}^2$ обладает силой $4,85 \times 10^{10} \text{ Н}$ или $4,85 \times 10^9 \text{ кгс}$, которая воздействует на площадь соприкосновения обвала с поверхностью ледника. Эта обвальная масса в виде параллелепипеда с высотой 1000 м , меньшей стороной основания, равной средней мощности висячих льдов (50 м), и большей стороной, равной 140 м (принимаемая величина этой стороны зависит от принятого объема обвального тела и его мощности), по условию декларируемого В. Л. Познаниным и С. Г. Геворкяном [2007, 2008] последствия импактного воздействия на ледник, пробивает ледник мощностью пусть даже не 150 м , а, скажем, всего $32\text{-}35 \text{ м}$ и достигает субстрата ложа, сохраняя при этом еще колоссальный потенциал энергии для дальнейшего видоизменения ледника и даже его литосферного субстрата.



20.09.2002



04.09.2002



19.08.2002

Рис.2. Ледниковый цирк Колка за 8,5 часов, за 16 дней и за месяц до катастрофы 20 сентября 2002 г. на космических снимках Landsat 7 ETM+: 1 – ледник Колка; 2 – зона выноса обвалившихся горных пород; 3 – место висячего ледника, обвалившегося в период с 19 августа до 20 сентября 2002 г.; 4 – тень уступа поверхности ледника; 5,6 граница обвального шлейфа горных пород на 4 сентября и 19 августа соответственно; 7 – ледник Майли; 8 – обвальный шлейф горных пород 19 августа; 9 – висячий ледник, позднее полностью обвалившийся; 10 – г. Джимарайхох. (Интерпретация О.В. Тутубалиной, С.С. Черноморца, Д.А. Петракова [2005].)

По условию гипотезы указанных авторов, упавшее тело проникает в ледник, преодолевая сопротивление на разрыв (прочность льда) вдоль поверхностей параллелепипеда или, проще говоря, разрывая $(140 + 50) \times 2 \times 32 \text{ м}^2$, т. е. $12\,160 \text{ м}^2$ льда.

Чтобы преодолеть предел прочности 1 м^2 льда, требуется усилие на разрыв, равное 10^4 МПа , что соответствует 10^5 кгс/см^2 или 10^9 кгс/м^2 , а действие силы $4,85 \times 10^9 \text{ кгс}$, развиваемой обвальной ледяной массой объемом 7 млн м^3 , на площадь разрыва, равную $12\,160 \text{ м}^2$, составляет всего 40 кгс/м^2 или порядка $4,0 \text{ МПа}$, что крайне недостаточно для импактного воздействия на ледник по сценарию В. Л. Познанина и С. Г. Геворкяна.

Пуля калибра $7,62 \text{ мм}$ и массой $7,9 \text{ г}$ вылетает из ствола автомата Калашникова с ускорением $600\,000 \text{ м/с}^2$ [Енохович, 1990]. При стрельбе в упор по ледяной глыбе давление пули составит $1\,050 \text{ кгс/см}^2$ или 105 МПа (значительно больше, чем прочность льда), но пуля способна проникнуть в глубь ледовой массы лишь на 44 см ($105 \text{ МПа} / 2,39 \text{ см}^2$, где в знаменателе указана площадь создаваемого пулей отверстия глубиной $1,0 \text{ см}$). Но и эту глубину (44 см) пуля, естественно, не преодолеет, потому что часть энергии израсходуется на образование тепла (воды) и упругих волн и, конечно, из-за высокой вязкости разрушения льда. (Об этом же свидетельствуют и широко известные результаты безуспешных бомбардировок ледников авиабомбами.) По представлениям же В. Л. Познанина и С. Г. Геворкяна о почти мгновенном переходе льда в жидкое (жидкокристаллическое) состояние [Познанин, Геворкян, 2007, с. 87 и др.], пуля, создавая первоначальное давление, превышающее прочность льда в сотню раз, должна пробивать лед любой толщины за счет перехода льда в жидкокристаллическое состояние.

И еще несколько замечаний (далеко не исчерпывающих всего возможного их количества).

1. Не к месту приведена [Познанин, Геворкян, 2008, с. 92] формула зависимости энергии и протяженности очага землетрясения, выведенная для региональных сейсмических событий. Время Δt нахождения тыльной части ледника Колка в активной фазе по формуле $\lg \Delta t = 0,33 \lg E - 7$ (где Δt – продолжительность, год; E – энергия, эрг) составляет $0,79$ года или 288 дней, а не 70 дней, как утверждают В. Л. Познанин и С. Г. Геворкян [там же]. Размер же очага (L , м), вычисленный по второй формуле $\lg \Delta t = \lg L - 6$, составляет не до 1 км , как утверждают авторы [там же], а превышает 10^5 м .

Напомним, что очаг концентрации воздействия обвальных льдов с северо-восточного склона г. Джимарайхох и северного склона ее восточного отрога на тыльную часть ледника Колка не превышал по протяженности 750 м , а вся длина ледника составляла около $2\,850 \text{ м}$.

2. Не отрицая возникновения при ударе обвальных масс по леднику упругих волн различного типа, оценим количественное воздействие на ледник обвала отдельного ледяного тела объемом $7 \times 10^6 \text{ м}^3$, движущегося в момент удара с ускорением $6,93 \text{ м/с}^2$. Площадь контакта обрушенного льда с ледником примем в пределах ранее рассмотренных размеров по простиранию и по мощности, т. е. 140×50 или $7\,000 \text{ м}^2$. Напряжение (Н/м^2) составит $6,93 \times 7 \times 10^9 \text{ Н} / 7\,000 \text{ м}^2$. Учитывая реальную траекторию удара под углом 45° , тангенциальная или нормальная составляющие напряжения будут равны $6,93 \times 7 \times 10^9 \cos 45^\circ \text{ Н} / 7\,000 \text{ м}^2$ или $6,93 \times 7 \times 10^9 \sin 45^\circ \text{ Н} / 7\,000 \text{ м}^2$ (в том и другом случаях напряжение составит $4\,899\,510 \text{ Н/м}^2$).

В то же время, напряжение (Н/м^2), создаваемое в среде (леднике) при ударе (τ), пропорционально произведению циклической скорости ($f = 1 \text{ Гц}$, $2\pi f A \text{ м/с}$) (где A

– амплитуда смещения), скорости распространения упругой волны ($c = 3000$ м/с) и плотности среды ($\rho = 1000$ кг/м³): $\tau = 2\pi f A c \rho$ [Саваренский, Кирнос, 1955]. Формула характеризует динамические условия распространения упругой волны и в данном случае не учитывает пластичности льда, особенности внутренней структуры ледника, принимаемые В. Л. Познаниным и С. Г. Геворкяном [2008, с. 93], и прочие ненормализованные изменения в леднике.

Подставляя вместо τ в формуле $\tau = 2\pi f A c \rho$ значение напряжения (тангенциального или нормального), равное 4899510 Н/м², а в правую часть – значения физических параметров, определим амплитуду смещения в точке удара (A_0) в момент удара, которая равна 26 см. С учетом коэффициента поглощения льда, составляющего $0,44L^{-1}$ [Бычковский, Гурьянов, 2005], амплитуда смещения под точкой удара на глубине $H = 20$ м будет равна 40 мкм ($A = A_0 e^{-0,44H}$), а на глубине 30 м – всего лишь 0,5 мкм. Таким образом, о возникновении в результате обвального удара по леднику упругих волн, крошащих лед на контакте его с субстратом или отрывающих ледник от его ложа (о чем неоднократно бездоказательно пишут В. Л. Познанин и С. Г. Геворкян [Познанин, Геворкян, 2007 и др.]), и говорить не приходится.

3. Несколько слов о катастрофических перегрузках, возникающих, по гипотезе В. Л. Познанина и С. Г. Геворкяна [2008, с. 94], при движении массы одновременно обрушенного льда «со скоростью 150 м/с на участках вогнутого ложа при радиусе закругления более 100 м».

Чтобы ускоряться «на участках вогнутого ложа при радиусе закругления более 100 м», обрушающиеся глыбы льда должны быть по размеру, во всяком случае, значительно меньше радиуса искривления вогнутого ложа, что будет характеризовать далеко не импактный удар, а хаотическое продвижение крупноглыбового раскошенного льда.

Проявления перегрузок возможны на закруглениях при обрушении масс льда как с северного склона восточного отрога г. Джимарайхох в направлении поперек простирания ледника Колка, так и с северо-восточного склона г. Джимарайхох в направлении по простиранию ледника. Радиусы закруглений в том и другом случаях соответственно составляют порядка 1000 м и 750 м. На таких закруглениях, чтобы достигнуть перегрузок в 20g (предполагаемых В. Л. Познаниным и С. Г. Геворкяном [там же]), необходимо, чтобы скорость достигала 400 м/с и более.

Выше было показано, что при углах склона до 45° величина ускорения обвальных тел не может превышать $6,93$ м/с², а их скорость в момент достижения ими поверхности ледника Колка не может превышать 83 м/с. Но даже обладая абсолютной величиной ускорения силы тяжести перед импактным (ударным) воздействием на ледник, обрушенное ледовое тело может достигать перегрузок до 20g только под действием внешних ускоряющих (+20g) или тормозящих (– 20g) сил, предполагать которые в данном случае нет оснований.

Завершая краткий анализ мнения В. Л. Познанина и С. Г. Геворкяна о последствиях импактного воздействия крупных обвалов на ледник, можно констатировать, что, несмотря на претензии авторов [Познанин, Геворкян, 2008, с. 91] на безоговорочное признание и неопровержимость изложенных ими положений, разработку В. Л. Познанина и С. Г. Геворкяна трудно признать научной гипотезой, скорее ее нужно считать фантастическим, совершенно невероятным, физически необоснованным и ошибочным сценарием развития событий в ходе подготовки и протекания одного из отнюдь не фантазмагорических, а реальных катастрофических явлений природы – Колкинской катастрофы 2002 года, являющейся, как имеются достаточные основания полагать, далеко не единственной катастрофой такого рода.

Именно расчеты и заключения, основанные на законах физики и комплексе фактической доказательной базы, опровергают утверждения В. Л. Познанина и С. Г. Геворкяна об импактном воздействии обвальных ледово-каменных масс на ледник Колка, проникающих свойствах этих масс и вызываемых этим селевых и других последствиях.

Литература

1. Бычковский Н. Н., Гурьянов Ю. А. Ледовые строительные площадки, дороги и переправы. Саратов: Саратовский гос. техн. ун-т, 2005. 260 с.
2. Енохович А. С. Справочник по физике. 2-е издание. М.: Просвещение, 1990. 384 с.
3. Познанин В. Л. Механизмы селевых ледниковых катастроф: Колка 2002. М.: ИМГРЭ, 2009. 180 с.
4. Познанин В. Л., Геворкян С. Г. Импактный механизм подготовки ледника Колка к селевой катастрофе: физические процессы при крупных обвалах // Криосфера Земли. 2007. Т. XI. № 2. С. 84-91.
5. Познанин В. Л., Геворкян С. Г. Энергетический потенциал импактного селевого очага и изменение структуры ледника Колка перед его срывом // Криосфера Земли. 2008. Т. XII. № 2. С. 90-97.
6. Саваренский Е. Ф., Кирнос Д. П. Элементы сейсмологии и сейсмометрии. Изд. 2-е. М.: Гостехтеориздат, 1955. 545 с.
7. Тутубалина О. В., Черноморец С. С., Петраков Д. А. Ледник Колка перед катастрофой 2002 года: новые данные // Криосфера Земли. 2005. Т. IX. № 4. С. 62-71.
8. Федоренко В. С. Горные оползни и обвалы, их прогноз. М.: Изд-во МГУ, 1988. 214 с.

DOI: 10.23671/VNC.2013.1.55568

ON SOME PHYSICAL GROUNDS OF ALLEGED AND ACTUAL MECHANISMS OF GLACIAL MUDFLOWS CATASTROPHES: KOLKA, 2002

M. G. Berger^{1,2}, Sc. Doctor (Geol.), prof., Ch. O. Chotchaev²

¹International Innovation Scientific-Technological Center «Sustainable Development of Mountain Territories»,

²Center of Geophysical Investigations of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences and the Government of the Republic of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, Russia, e-mail:cgj_ras@mail.ru

The article comments on the V. L. Poznanin and S. G. Gevorgyan framework hypothesis on arrangement mechanisms of the Kolka glacier catastrophe 2002 preparation. The hypothesis physical invalidity is shown, and real facts mismatch.

Keywords: Kolka glacier, 2002 catastrophe, hanging glaciers, landslides, impact.