

ISSN 2221-3198

# ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА ЮГА РОССИИ

№ 4 / 2017



УДК 550.34

DOI: 10.23671/VNC.2017.4.9524

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СХОДА КАМЕННО-ЛЕДОВОЙ ЛАВИНЫ В РАЙОНЕ ЛЕДНИКА ДЕВДОРАК 17 МАЯ 2014 ГОДА ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ КАРМАДОНСКОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА

© 2017 В. Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф., Д. А. Мельков, к.т.н.

Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: vzaal@mail.ru

В связи с активизацией опасных природных процессов на Кавказе и, в частности, сходом ледника Колка 20 сентября 2002 года, в сентябре 2003 года было сформировано ядро сети комплексных наблюдений «Кармадонский параметрический полигон». Главным назначением новой сети являлся инструментальный мониторинг опасных геологических природно-техногенных процессов в регионе.

Сетью зарегистрирован обвал массы льда и горных пород в районе Девдоракского ледника 17 мая 2014 года и движение образовавшейся каменно-ледовой лавины. Были построены диаграммы энерговыделения и выполнен спектрально-временной анализ записей для ближайших станций Колка и Кармадон. Отмечены общие закономерности движения с событием 20 сентября 2002 года на леднике Колка, выполнен расчет возможных скоростей движения лавинообразного потока.

**Ключевые слова:** ледник, лавнообразный поток, каменно-ледовая лавина, мониторинг, сейсмические записи, диаграмма энерговыделения, вейвлет-анализ

Территория Северной Осетии подвержена воздействию опасных природно-техногенных процессов, наиболее разрушительным из которых по масштабу возможных последствий является сейсмическая опасность. Наибольшую опасность в силу своей близости к территории г. Владикавказа представляет Владикавказский разлом, сейсмический потенциал которого оценивается  $M = 7,1$  [Заалишвили и др., 2011]. В связи с этим, а также учитывая активизацию других опасных природных процессов на Кавказе, в том числе, неожиданный сход ледника Колка 20 сентября 2002 года, в конце 2003 года существующая Республиканская сейсмическая сеть наблюдений Центра была преобразована в сеть комплексных наблюдений «Кармадонский параметрический полигон». Была поставлена задача организации современной системы сейсмологических, геодинимических и гравиметрических наблюдений [Заалишвили и др., 2013].

Целью функционирования сети является разработка концепции безопасности населения горных регионов и создание эталонных сценариев опасных геологических процессов (оползни, движения ледников, землетрясения и т.д.). Именно для этих целей нами в сентябре 2003 г. была организована базовая станция в п. Кармадон. В 2012 году непосредственно в районе ледника Колка была организована соответствующая станция (код станции KLK) [Заалишвили, Мельков, 2013]. Станция работает в непрерывном режиме и полностью зафиксировала процесс движения лавинообразного потока 17 мая 2014 г., основные этапы движения которого во многом схожи с Кармадонской катастрофой 2002 г.



17 мая 2014 года произошел обвал массы льда и горных пород в районе Девдоракского ледника. Зона отрыва находится на восточном склоне Казбека, в области питания правой ветви ледника Девдорак, на высоте 4400-4500 м. Обвал прошел правее (южнее) основного Девдоракского ледопада, и упал на язык ледника. Далее имела место трансформация обвала в «лавинообразный поток» или «каменно-ледовую лавину» [Черноморец, 2014]. Погибли люди.



Рис. 1. Расположение Сейсмических станций Кармадонского параметрического полигона и зона транзита лавинообразного потока.

Все это весьма похоже на движение потока при сходе ледника Колка 20 сентября 2002 года. Масштабы процесса были в случае Девдорака меньше.

Образовавшийся завал перегородил устье реки Терек, что привело к образованию подпрудного озера. Опасность прорыва, угрожающая г. Владикавказу, сохранялась вплоть до момента, когда Терек заполнил деривационный тоннель и уровень воды начал снижаться.

Весь процесс движения лавинообразного потока зарегистрирован сейсмическими станциями Кармадонского параметрического полигона, расположенными в непосредственной близости от зоны транзита (рис. 2).

Были построены диаграммы энерговыделения [Заалишвили и др., 2004; Заалишвили, Мельков, 2012] и выполнен спектрально-временной анализ записей для ближайших станций Колка и Кармадон, оснащенных идентичными современными отечественными сейсмоприемниками СПВ-3К и станции Владикавказ (сейсмоприемник СК-1П) – рисунки 3-4.

На первом участке образования обвала движение происходит в северном направлении в сторону сеймостанции «Кармадон» (код станции KAR) и фактически перпендикулярно направлению на станцию «Колка» (код станции KLK). Далее поток воздействовал на левый борт в районе языка Девдоракского ледника – на левом борту (хребет Барт-Корт) отмечается значительный захлест [Черноморец, 2014].

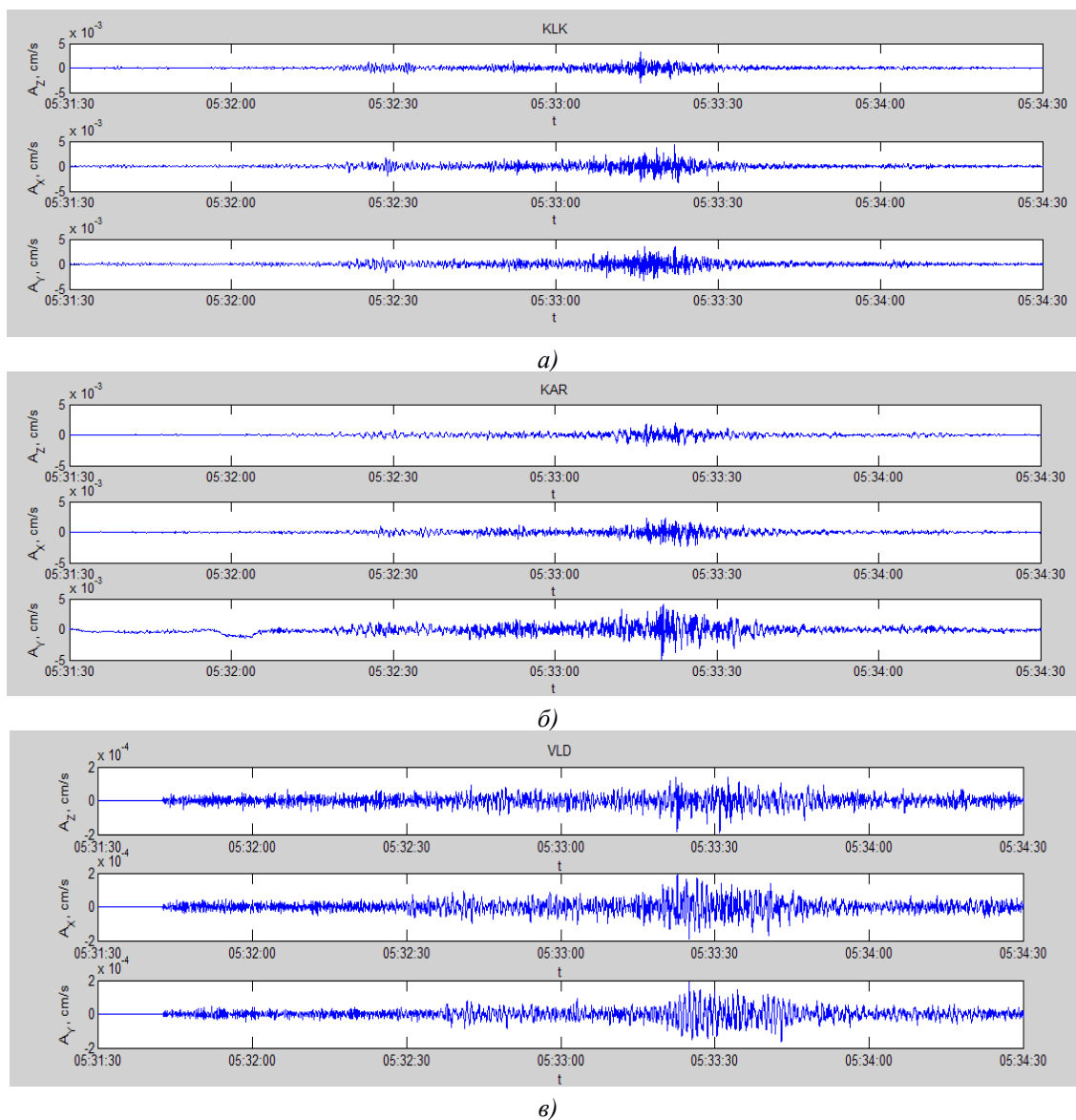


Рис. 2. Сейсмические записи процесса движения лавинообразного потока 17 мая 2014 г.: а) Колка (код станции KLK); б) Кармадон (код станции KAR); в) Владикавказ (код станции VLD).

Далее происходит поворот потока, в котором преобладает восточное направление, при этом в процессе движения поток несколько раз незначительно меняет свое направление. С.С. Черноморец приводит следующие данные: «Со слов свидетелей – грузинских пограничников, стоявших на посту ниже слияния рек Амилишка и Чач, событие произошло примерно в 9:30 утра по местному времени (время совпадает с московским). Сильного грохота не было. Поток шел быстро. Пограничник не успел добежать до обрыва над р. Кабахи (100 м), за это время масса прошла несколько сотен метров» Требуется дополнительное обследование зоны транзита, учитывая протяженность потока на данном этапе его можно рассматривать как протяженный сейсмический источник. Далее поток достиг русла реки Терек. По данным С.С. Черноморца заплеск на правом борту Терека визуально можно оценить в 20-25 м над нынешним руслом (а насколько оно выше прежнего, сказать сложно). Данный момент характеризуется максимальным уровнем воздействия, что отмечается на у-компоненте (направление «запад-восток») станции «Кармадон», на всех

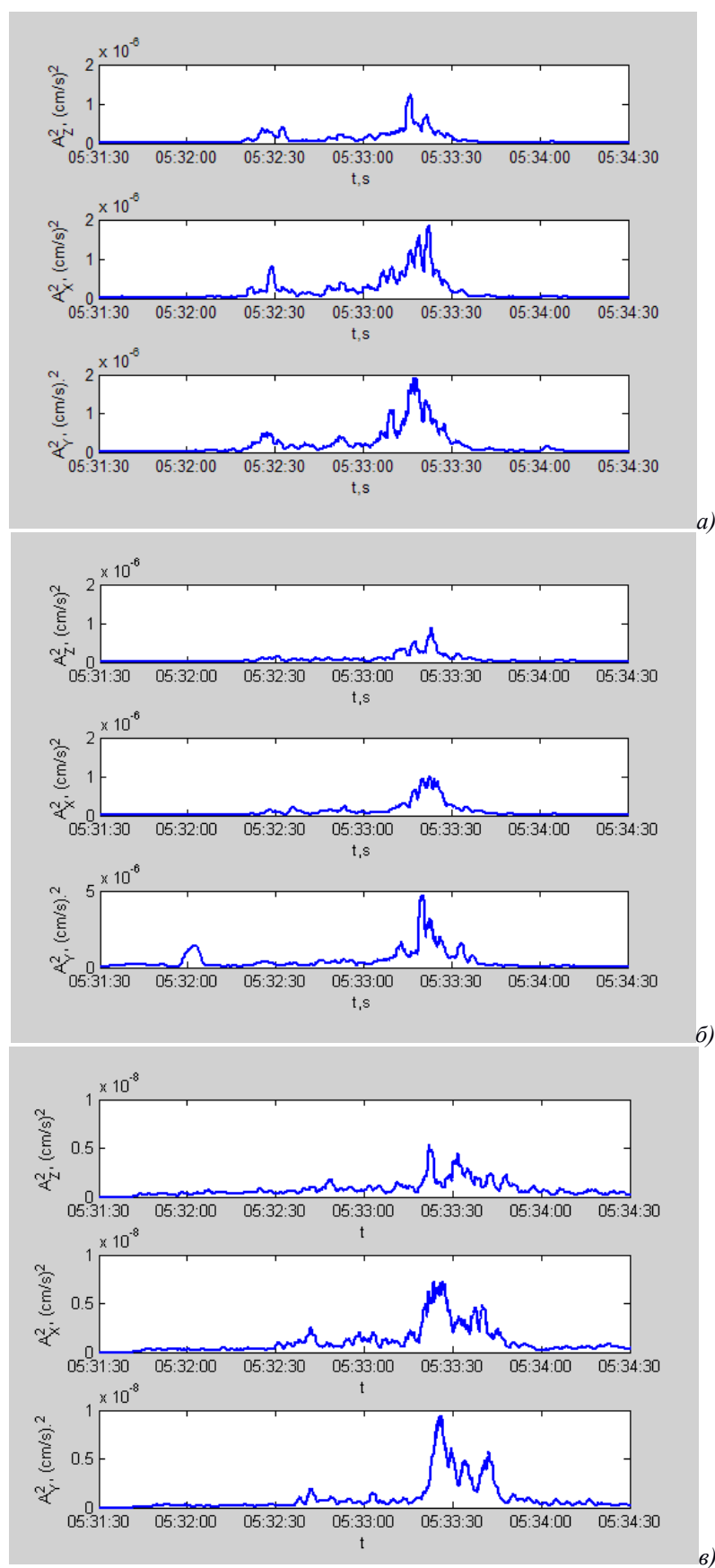


Рис. 3. Графики энерговыделения: а) Колка (код станции KLK); б) Кармадон (код станции KAR); в) Владикавказ (код станции VLD)

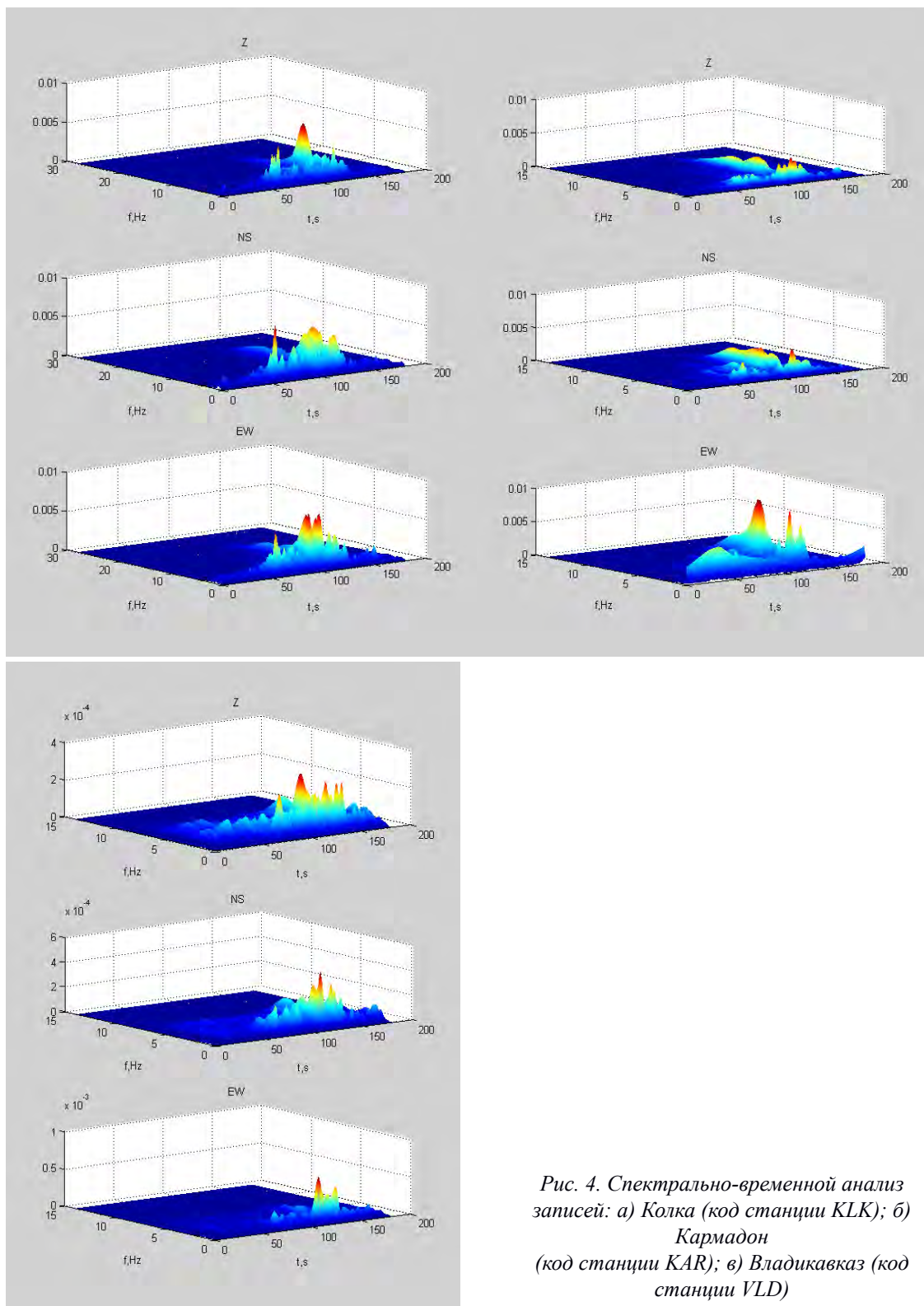


Рис. 4. Спектрально-временной анализ записей: а) Колка (код станции KLK); б) Кармадон (код станции KAR); в) Владикавказ (код станции VLD)



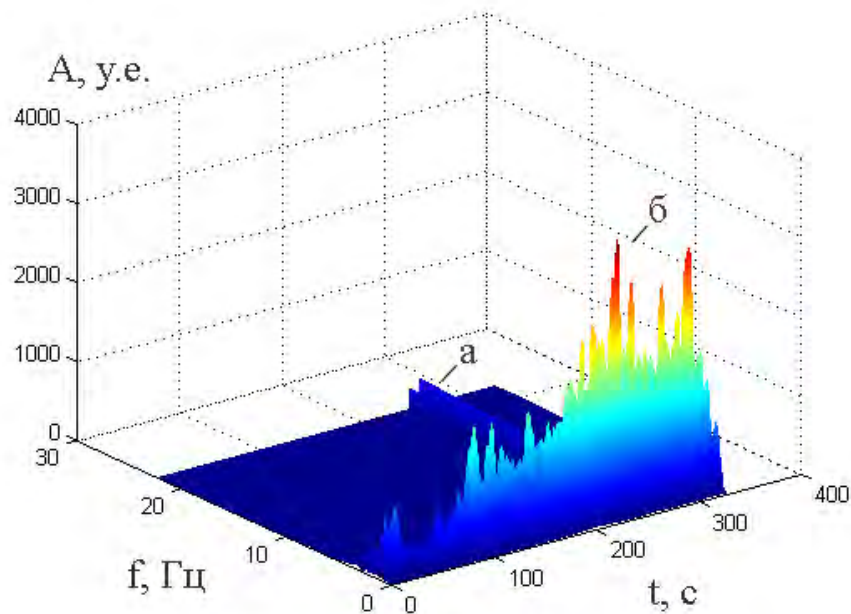


Рис. 5. Спектрально-временной анализ записей Z-составляющей записи схода ледника Колка 20 сентября 2002 г., ст. Фиагдон: а) высокочастотные импульсы; б) основная запись

сейсмограммах отмечаются высокочастотный импульс (рис. 4). В этой связи интересно отметить, что широкополосные (без явно выраженной преобладающей частоты) импульсы также отмечались при спектрально-временном анализе записи схода ледника Колка в 2002 г. станции Фиагдон (рис. 5), что может быть связано с общей природой обоих процессов [Бергер, 2016 а, б, в].

Для расчета движения под действием силы тяжести необходимо учесть крутизну склонов на различных участках движения. Был построен профиль движения потока по схеме на рисунке 1.

Будем считать, что движение на каждом малом участке описывается следующим уравнением (для центра масс системы):

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - \xi \left( \frac{\partial S}{\partial t} \right)^2,$$

где  $S$  – пройденный путь;  $\alpha$  – угол наклона;  $\mu$  – коэффициент трения;  $\xi$  – параметр, учитывающий силы сопротивления пропорциональные квадрату скорости.

Величина  $\mu$ , обычно определяемая эмпирически для различных пар материалов, точно нам не известна, для трения льда о лед составляет величину около  $3 \cdot 10^{-2}$  (Center for Advanced Friction Studies: <http://frictioncenter.siu.edu>), но значительно отличается в каждом конкретном случае. Сила сопротивления воздуха, не влияет на движение на начальном этапе, когда скорость мала, но становится значительной при увеличении скорости. В расчетах использованы значения 0,11 и  $350 \text{ м/с}^2$ , использованные при движении лавинообразного потока ледника Колка. Результаты представлены на рисунке 4. Максимальная мгновенная скорость могла достигать  $130 \text{ м/с}$ , однако средняя скорость движения потока на конечном участке в соответствии с данной моделью составляет около  $100 \text{ м/с}$ .

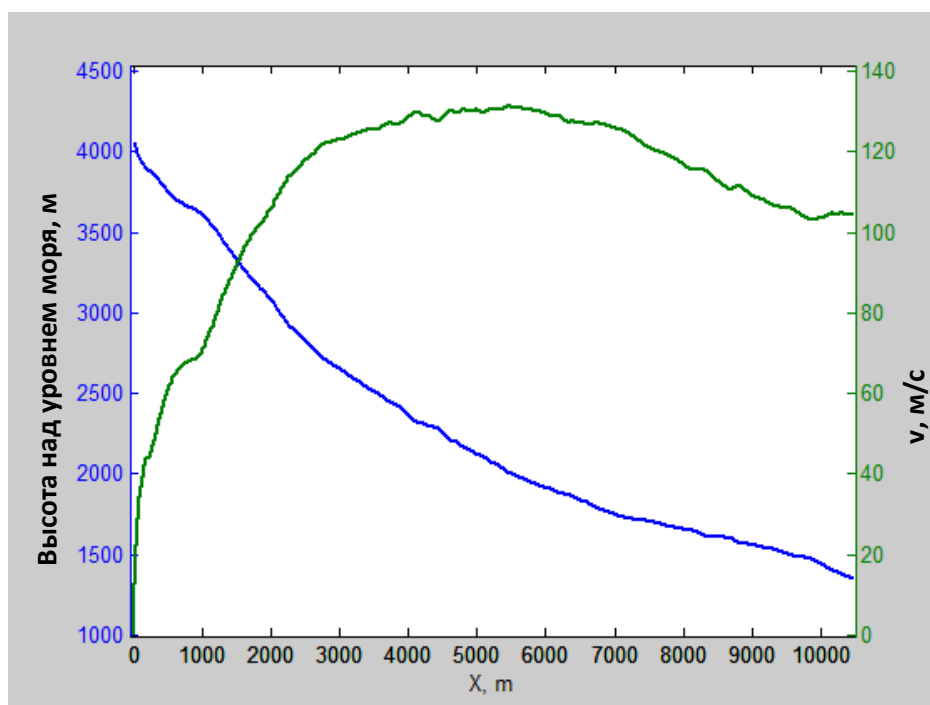


Рис. 6. Изменения скорости движения лавинообразного потока вдоль профиля

## Выводы

В связи с активизацией опасных природных процессов на Кавказе и, в частности, сходом ледника Колка 20 сентября 2002 года, в сентябре 2003 года было сформировано ядро сети комплексных наблюдений «Кармадонский параметрический полигон». Главным назначением новой сети являлся инструментальный мониторинг опасных геологических природно-техногенных процессов в регионе.

В стратегическом плане целью создания сети «Кармадонский параметрический полигон» была разработка и последующая реализация концепции безопасности населения горных регионов и создание эталонных сценариев опасных геологических процессов.

Таким образом, на территории РСО-А сформирована современная система наблюдений, позволяющая достаточно полноценно решать прогностические проблемы опасных природно-техногенных процессов и смягчения рисков различной природы.

17 мая 2014 года сетью сейсмологических наблюдений Кармадонского параметрического полигона зарегистрирован процесс обвала массы горных пород и льда в районе ледника Девдорак и движение образовавшегося лавинообразного потока вниз по ущелью.

Выполнен предварительный анализ полученных данных, в том числе, оценка скорости движения лавинообразного потока.

## Литература

1. Бергер М.Г. О некоторых особенностях истории и современного состояния исследований катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 2002 года // Геология и геофизика Юга России. – 2016а. – №2. – С. 117-131.



2. Бергер М.Г. Катастрофические ледово-каменные инерциальные газодинамические лавинообразные потоки как проявления пароксизмальных взрывоподобных направленных газодинамических выбросов ледников. О соотношении понятий «лавинообразный поток» и «сель» // Геология и геофизика Юга России. – 2016б. – №3. – С. 152-165.
3. Бергер М.Г. Отложения взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника – новый генетический тип осадочных образований // Геология и геофизика Юга России. – 2016 в. – №4. – С. 20-30.
4. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Харебов А.К. Анализ инструментальных записей схода ледника Колка по данным локальной сети сейсмических наблюдений // Вестник Владикавказского научного центра. – 2004. – Т. 4. №3. – С. 58-64.
5. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф. Оценка сейсмической опасности территории и построение вероятностных карт // Геология и геофизика Юга России. – 2011. – №1. – С. 17-27.
6. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Особенности процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 г. и его макросейсмическое проявление по инструментальным данным современных регистрационных систем // Геология и геофизика Юга России. – 2012. – №3. – С. 29-44.
7. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Мониторинг опасных природных и техногенных процессов на территории РСО-Алания // Геология и геофизика Юга России. – 2013. – №1. – С. 17-27.
8. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Организация сейсмологических наблюдений в верховьях реки Геналдон и Кармадонском ущелье с использованием спутниковой телеметрической системы передачи информации // Геология и геофизика Юга России. – 2013. – №4. – С. 44-50.
9. Черноморец С.С. Новый «Казбекский завал» 17 мая 2014 года (Отчет о полевом обследовании 18-20 мая 2014 г.). МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. 20 с. URL:[http://www.geogr.msu.ru/upload/news/Chernomorets\\_Devdorak\\_2014.pdf](http://www.geogr.msu.ru/upload/news/Chernomorets_Devdorak_2014.pdf)

DOI: 10.23671/VNC.2017.4.9524

## **FEATURES OF THE STONE-ICE AVALANCHE IN THE REGION OF DEVDORAK GLACER ON MAY 17, 2014 ON THE INSTRUMENTAL DATA OF THE KARMADON PARAMETRIC RANGE**

**© 2017 V. B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., D. A. Melkov, Sc. Candidate (Tech.)**

Geophysical institute VSC RAS, Russia, 362002, RNO-Alania, Vladikavkaz, Markov Str., 93 a, e-mail: [vzaal@mail.ru](mailto:vzaal@mail.ru)

In connection with the activation of dangerous natural processes in the Caucasus and in particular the fall of the Kolka glacier on September 20, 2002, the core of the complex observational network «Karmadon Parametric Range» was formed in September 2003. The main purpose of the new network was instrumental monitoring of dangerous geological natural and man-caused processes in the region.

The network recorded a collapse of the mass of ice and rocks in the region of the Devdorak glacier on May 17, 2014 and the movement of the formed stone-ice avalanche. The diagrams of energy release were calculated and a spectral-temporal analysis of the records for the nearest Kolka and Karmadon stations was performed. The general regularities of the movement with the event on September 20, 2002 on the Kolka Glacier are noted, the possible velocities of the avalanche flow are calculated.

**Keywords:** glacier, avalanche like stream, rock-ice avalanche, monitoring, seismic records, energy release diagram, wavelet analysis.

### References

1. Berger M.G. O nekotoryh osobennostyah istorii i sovremennogo sostojanija issledovanij katastrofy na lednike Kolka i v Genaldonskom ushel'e 2002 goda [On some features of history and the current state of research on the catastrophe on the Kolka Glacier and the Genaldon Gorge in 2002]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*, 2016a, No.2, pp. 117–131. (in Russian)
2. Berger M.G. Katastroficheskie ledovo-kamennye inercial'nye gazodinamicheskie lavinoobraznye potoki kak projavlenija paroksizmal'nyh vzryvopodobnyh napravlennyh gazodinamicheskikh vybrosov lednikov. O sootnoshenii ponjatij «lavinoobraznyj potok» i «sel'» [Catastrophic ice-stone inertial gas-dynamic avalanche flows as manifestations of paroxysmal explosion-like gas-dynamic glacial outflows. On the relationship between the concepts «avalanche flow» and «mudflow»]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*, 2016b, No. 3, pp. 152–165. (in Russian)
3. Berger M.G. Otlozhenija vzryvopodobnogo napravlennogo gazodinamicheskogo vybrosa lednika – novyj geneticheskij tip osadochnyh obrazovanij [Deposits of explosion-like gas-dynamic discharge of the glacier – a new genetic type of sedimentary formations]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*, 2016v, No.4, pp. 20–30. (in Russian)
4. Zaalishvili V.B., Nevskaja N.I., Harebov A.K. Analiz instrumental'nyh zapisej shoda lednika Kolka po dannym lokal'noj seti seismicheskikh nabljudenij [Analysis of instrumental records of the Kolka glacier's collapse from the local network of seismic observations]. *Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra*, 2004, Vol. 4, No.3, pp. 58–64. (in Russian)
5. Zaalishvili V.B., Dzeranov B.V., Gabaraev A.F. Ocenka seismicheskoy opasnosti territorii i postroenie verojatnostnyh kart [Seismic hazard assessment of the territory and construction of probability maps]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*, 2011, No.1, pp. 17–27. (in Russian)
6. Zaalishvili V.B., Mel'kov D.A. Osobennosti processa shoda lednika Kolka 20 sentjabrja 2002 g. i ego makroseismicheskoe projavlenie po instrumental'nym dannymsovremennyh registracionnyh sistem [Features of the Kolka glacier collapse process on September 20, 2002 and its macroseismic manifestation according to instrumental data of modern registration systems]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*, 2012, No.3, pp. 29–44. (in Russian)
7. Zaalishvili V.B., Nevskaja N.I., Nevskij L.N., Mel'kov D.A., Dzeranov B.V., Kanukov A.S., Shepelev V.D. Monitoring opasnyh prirodnyh i tehnogennyh processov na territorii RSO-Alanija [Monitoring of hazardous natural and technogenic processes in the territory of North Ossetia-Alania]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*, 2013, No.1, pp. 17–27. (in Russian)
8. Zaalishvili V.B., Mel'kov D.A. Organizacija seismologicheskikh nabljudenij v verhov'jah reki Genaldon i Karmadonskom ushel'e s ispol'zovaniem sputnikovoj telemetricheskoy sistemy peredachi informacii [Organization of seismological observations in the upper reaches of the Genaldon River and the Karmadon Gorge using satellite telemetry system of information transfer]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*, 2013, No.4, pp. 44–50. (in Russian)
9. Chernomorec S.S. Novyj «Kazbekskij zaval» 17 maja 2014 goda (Otchet o polevom obsledovanii 18–20 maja 2014 g.). [Report on the field survey May 18–20.052014] MGU im. M.V. Lomonosova, 2014, 20 p. URL: [http://www.geogr.msu.ru/upload/news/Chernomorets\\_Devdorak\\_2014.pdf](http://www.geogr.msu.ru/upload/news/Chernomorets_Devdorak_2014.pdf) (in Russian)