

УДК 550.34

DOI: 10.23671/VNC.2013.4.55527

## ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ ГЕНАЛДОН И КАРМАДОНСКОМ УЩЕЛЬЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

© 2013 В. Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф., Д. А. Мельков, к.т.н.

Центр геофизических исследований Владикавказского научного центра РАН  
PCO-A, Россия, 362002, Владикавказ, Маркова, 93а, e-mail: cgi\_ras@mail.ru

Организована система мониторинга сейсмических событий в районе ложа ледника Колка и разработана телеметрическая система передачи информации на основе спутниковых технологий.

**Ключевые слова:** мониторинг, сейсмологические наблюдения, ледники

Более 10 лет прошло после Кармадонской катастрофы 20 сентября 2002 года. Несмотря на то, что сам процесс схода ледника Колка изучен на основании данных сейсмических записей и математического моделирования, которые согласуются между собой [Шварц, МкАрделл, 2004; Заалишвили, Невская, 2004; Заалишвили, Мельков, 2008, 2012], всё ещё дискуссионным остается вопрос о главной причине катастрофического схода аналогичного процесса 1902 года и предшествующих. Очевидно, что помимо математического описания доказательство той или иной гипотезы должно основываться на инструментальных данных полевых геофизических исследований и комплексного мониторинга, в котором центральное место занимают сейсмологические наблюдения. Ещё Л. А. Варданянц основываясь на своих геологических наблюдениях, сделанных в этом районе с 1926 по 1928 гг. связывает образование завалов с геотектоникой и с йсмикой Дарьяльского горста. Фактором, инициирующим процесс схода ледника Колка, могли явиться сеймотектонические условия района [Варданянц, 2003], поскольку для сформированного и готового к сходу ледника даже самое слабое воздействие будет вполне значимым.

В 2007 году по результатам межведомственной экспедиции ИФЗ с участием сотрудников ЦГИ ВНИЦ РАН и PCO-A, под руководством Е. А. Рогожина были идентифицированы и уточнены разломы, проходящие по территории PCO-A, на карте был выделен Кармадонский разлом, субширотного направления который располагается южнее г. Владикавказа с  $M_{\max}=6,5$  [Заалишвили и др., 2011].

Результаты теплового дистанционного зондирования, изучения характеристик минеральных источников, гравиметрических исследований, электроразведочных работ дают основания рассматривать Казбек как центр потенциальной вулканической опасности, и сейсмологические наблюдения являются одной из основных составляющих мониторинга вулканической активности [Богатиков и др., 2002; Корниенко и др., 2004; Арбузкин и др., 2004; Копаев, Гурбанов, 2004]. В то же время имеется и другая точка зрения [Шемпелев, Невский, 2013]. При этом указанная точка зрения основана на целом ряде анализа несравненно более полного эмпирического материала.

Возвращаясь к событиям 2002 года, нельзя также игнорировать свидетельства местных жителей, находящихся за сутки до схода в районе охотничьей хижины, т. е. в непосредственной близости от эпицентра. Речь, собственно, идет о предшествующих сходу ледника Колка возможных сейсмических явлениях, которые в силу локального характера не были записаны сейсмическими станциями (на момент схода ближайшим действующим пунктом сейсмологических наблюдений являлась станция в пос. Верхний Фиагдон) [Заалишвили и др., 2004].

В связи с этим необходимо отметить, что локальная сеть сейсмических цифровых станций первого поколения, развернутая при поддержке МЧС РФ на территории Республики Северная Осетия-Алания, организована и начала функционировать в 1998–1999 гг. [Заалишвили и др., 2013]. В 2002 году указанной сетью был зарегистрирован катастрофический сход ледника Колка. Несмотря на относительно большую погрешность параметров времени, сами записи до получения первых записей, полученных на сопредельной территории были единственной для Центра основой разработки интерпретации особенностей процесса движения ледника Колка 20 сентября 2002 г. Действительно это позволило обратить особое внимание на указанные записи, представляющими особую ценность наибольшей близостью к месту схода.

В сентябре 2003 года согласно Договору между Северо-Кавказским Горно-Металлургическим Институтом (Технологический Университет) (Владикавказ), Центром «ГЕОН» Министерства природных ресурсов России (Москва) и Центром геофизических исследований (ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А) был создан «Кармадонский параметрический полигон». При этом существующая локальная сеть наблюдений РСО-А явилась основой сейсмологической сети полигона. Начало фактическому функционированию полигона положила организация пункта наблюдений «Кармадон» в сентябре 2003 года. Основным назначением вновь создаваемой локальной сети «Кармадонский параметрический полигон» являлось изучение и прогноз опасных геологических процессов в виде эндогенных (вулканическая деятельность, землетрясения и т. д.) и экзогенных процессов (сход лавин, ледников, оползней и т. д.). Более того, сеть должна была позволить изучать природно-техногенные события в их органической взаимосвязи.

В 2011 году был разработан проект организации пункта инструментальных наблюдений непосредственно в районе ложа ледника Колка (рис. 1).



Рис. 1. Место установки сеймостанции «Колка»

При этом, необходимо было учесть все факторы, влияющие на работу сейсмостанции и обуславливающие выбор участка для ее размещения и защиты от внешних воздействий: частоту и максимальную скорость ветра (ветер является одним из главных источников сейсмического шума в горных районах), влияние собственно рельефа, данные о количестве солнечных дней, облачности (для определения минимального размера панелей солнечных батарей), данные о количестве осадков, уровень снежного покрова (доступность в зимний период, защита от осадков, оптимальный угол и размер панелей солнечных батарей), наблюдаемая частота гроз и топография (с целью предупреждения повреждения аппаратуры в результате удара молнии). Очевидно, что большинство факторов обычно в сейсмологии являющихся критическими для размещения станции, в данном случае явились определяющими, как, например, влияние рельефа, которое наоборот необходимо было изучить, а не минимизировать. В этом и других особенностях заключается одно из главных отличий сети «Кармадонский параметрический полигон» от стандартных сетей сейсмических наблюдений.

Современное оборудование способно работать в достаточно широком диапазоне температур. Так, согласно имеющейся технической документации диапазон рабочих температур для регистратора РСС «Дельта-03» составляет  $-40^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$ , сейсмоприемника СПВ-3К:  $-30 \dots +50^{\circ}\text{C}$ . Однако следует учесть возможность значительных суточных перепадов температуры, в особенности их влияние на работу сейсмоприемника, являющегося в настоящее время полем создания цифровых регистраторов наиболее уязвимым элементом инструментального канала. Для этого внутреннее пространство приборного ящика и крышки сейсмоприемника было изолировано экструдированным пенополистеролом и эластичным пенополиэтиленом (изолон), характеризующихся низкой теплопроводностью и водопоглощением.

27 апреля 2012 г. при поддержке ГУ МЧС РФ по РСО-А в район ложа ледника Колка было заброшено оборудование и позднее группой альпинистов под руководством О. Н. Рыжанова на высоте 2970 метров над уровнем моря выполнен монтаж



Рис. 2. Оборудование сейсмической станции «Колка»



Рис. 3. Процесс запуска сейсмической станции

и запуск сейсмической станции, которая стала функционировать, таким образом, 19 мая 2012 г. (рис. 2–3).

В состав сейсмической станции входит оборудование отечественного производства – регистратор сейсмических сигналов «Дельта-03» и сейсмоприемник СПВ-3К, питание осуществляется от солнечной батареи. Станция работает в режиме непрерывной записи, синхронизация времени осуществляется каждые сутки по GPS.

После тестирования работы аппаратуры, для сопоставления параметров сейсмических и иных колебаний на ближайшем пункте «Кармадон» (в основании склона) была организована станция с аналогичным измерительным каналом: сейсмоприемник СПВ-3К с регистратором сейсмических сигналов «Дельта-03».

Следующим этапом стала разработка системы телеметрической передачи данных. Регистратор «Дельта-03» поддерживает возможность обмена информацией по протоколу TCP/IP, что позволяет непосредственно включать регистратор в локальные сети Ethernet. Для станции Колка был выбран спутниковый канал связи на основе станций iDirect, используемых для организации передачи данных по технологии Ethernet/IP через спутниковые каналы связи в труднодоступных районах.

Сейсмологическая телеметрическая сеть, создаваемая на базе РСС «Дельта-03» строится по радиальной схеме, в центре которой находится центральный пункт сбора информации (ЦПС), построенный на базе персонального компьютера (рис. 4). С этого пункта оператор имеет доступ к любому полевому пункту наблюдения (ППН). Оператор может настроить или поверить точное время, изменить режимы работы регистратора сейсмических сигналов «Дельта-03», скопировать накопленную сейсмологическую информацию или подготовить носитель (Flash диск или RAM диск) к приему новой сейсмологической информации дистанционно. При подключении к линии провайдера следует учесть, что протокол аутентификации регистратором не используется [Сеть ..., 2012].

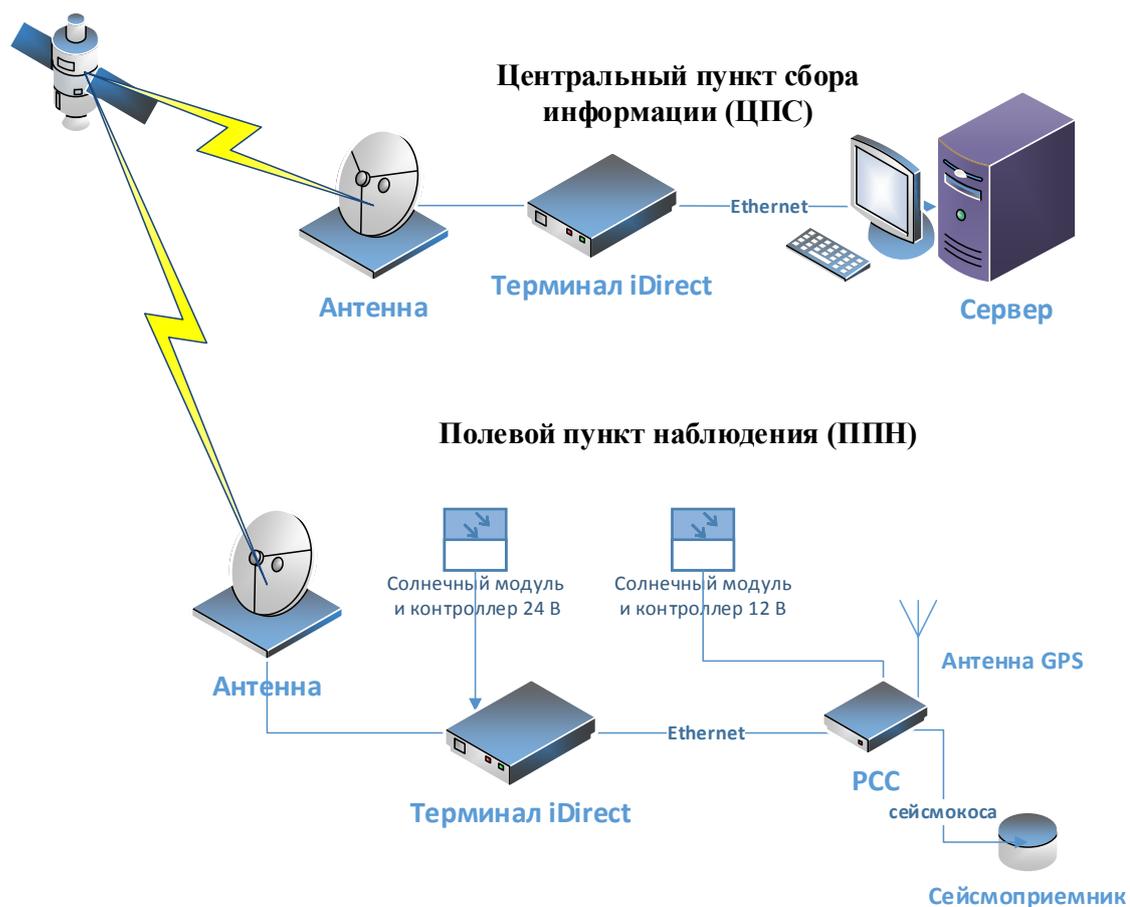


Рис. 4. Схема сейсмологической телеметрической сети Кармадонского параметрического полигона.



Рис. 5. Доставка оборудования для спутниковой связи в район ледника Колка, 5 сентября 2013 г.

В сентябре 2013 г. при поддержке ГУ МЧС РФ по РСО-А в район ложа ледника было доставлено оборудование спутниковой связи, а также дополнительные солнечные батареи для обеспечения его работы (рис. 5).

### Заключение

Установление причин схода ледника Колка 2002 года, аналогичного процессу 1902 года и предшествующим событиям должно основываться на инструментальных данных полевых геофизических исследований и комплексного мониторинга, в котором центральное место занимают сейсмологические наблюдения.

С целью мониторинга сейсмических процессов в районе ложа ледника Колка на высоте 2970 м над уровнем моря установлена сейсмическая станция «Колка» и разработана спутниковая телеметрическая система сбора данных. Станция работает в режиме непрерывной записи, синхронизация времени осуществляется каждые сутки по GPS.

### Литература

1. Арбузкин В. Н., Фельдман И. С., Трофименко Е. А. Результаты первого этапа электроразведочных работ АМТЗ и МТЗ в Геналдонском ущелье // Вестник Владикавказского научного центра. Т. 4, № 3, 2004. – С. 12–24.
2. Богатилов О. А., Нечаев Ю. В., Собисевич А. Л. Использование космических технологий для мониторинга геологических структур вулкана Эльбрус // Докл. РАН. 2002, Т. 387, № 3. – С. 1–6.
3. Варданянц Л. А. Геотектоника и геосейсмика Дарьяла как основная причина катастрофических обвалов Девдоракского и Геналдонского ледников Казбекского массива // Вестник Владикавказского научного центра. Т. 3, № 1, 2003. – С. 38–45.
4. Заалишвили В. Б., Невская Н. И. Взаимосвязь различных факторов, в том числе, сейсмических событий со сходом ледника Колка 20 сентября 2002 г. // Вестник Владикавказского научного центра. Т. 4, № 3, 2004. – С. 51–57.
5. Заалишвили В. Б., Мельков Д. А. Особенности движения ледово-каменной массы 20 сентября 2002 г. по сейсмологическим и геоморфологическим данным // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Владикавказ: ВНИЦ РАН и РСО-А, 2008. – С. 185–195.
6. Заалишвили В. Б., Дзеранов Б. В., Габараев А. Ф. Оценка сейсмической опасности территории и построение вероятностных карт // Геология и геофизика Юга России. № 1. 2011. С. 48–58.
7. 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. № 3. 2012. С. 29–44.
8. 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. № 1. 2013. С. 17–27.
9. 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.

10. Копаев А. В., Гурбанов А. Г. Гравиметрические исследования в Кармадонском ущелье: первые результаты // Вестник Владикавказского научного центра. Т. 4, № 3, 2004. – С. 9–11.

11. Корниенко С. Г., Ляшенко О. В., Гурбанов А. Г. Выявление признаков очагового магматизма в пределах Казбекского вулканического центра по данным тепловой космической съемки // Вестник Владикавказского научного центра. Т. 4, № 3, 2004. – С. 25–32.

12. Сеть сейсмологическая телеметрическая. Инструкция по монтажу и пуску ИУСЕ.465673.001 ИМ. Логис, 2012.

13. Шемпелев А. Г., Невский Л. Н. Неудавшиеся вулканы Северного Кавказа // Геология и геофизика Юга России. № 1. 2013. С. 56–62.

14. Шварц М., Мкарделл Б. Моделирование схода ледника Колка в Кармадоне 20 сентября 2002 г. // Доклады Международной конференции «Предупреждение опасных процессов в высокогорных районах». Владикавказ-Москва 23–26 июня 2004 г. Владикавказ: Олимп, 2004.

DOI: 10.23671/VNC.2013.4.55527

## **ORGANIZATION OF SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS IN GENALDON AND KARMADON GORGE BY MEANS OF SATELLITE TELEMETRIC COMMUNICATION SYSTEM**

**© 2013 V. B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., D. A. Melkov, Sc. Candidate (techn.)**

Center of Geophysical Investigations of VSC RAS and RNO-A, Markova str. 93a, Vladikavkaz, Russia, 362002, e-mail: cgi\_ras@mail.ru

Seismic events monitoring system in Kolka glacier bed region were organized and telemetric communication system on the basis of satellite technologies is developed.

**Keywords:** monitoring, seismological observations, glaciers.