

УДК 550.34

DOI: 10.23671/VNC.2014.4.55503

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ

© 2014 В.Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф., Д.А. Мельков, к.т.н.,
А.Г. Симакин, к.т.н., О.Н. Рыжанов

Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и PCO-A, Россия, 362002,
г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru

Организована система мониторинга сейсмических событий в сложных климатических условиях в районе ложа ледника Колка. Разработаны система автономного питания и телеметрическая система передачи информации на основе спутниковых технологий.

Ключевые слова: мониторинг, сейсмологические наблюдения, ледники.

Локальная сеть сейсмических цифровых станций первого поколения на территории Республики Северная Осетия-Алания была организована и начала функционировать в 1998–1999 гг. при поддержке МЧС РФ [Заалишвили и др., 2013]. В 2002 году указанной сетью был зарегистрирован катастрофический сход ледника Колка [Заалишвили, Мельков, 2012], в 2014 году записан обвал в районе Девдоракского ледника [Заалишвили и др., 2014]. Одной из основных задач сети является изучение и прогноз опасных геологических процессов в виде эндогенных (вулканическая деятельность, землетрясения и т. д.) и экзогенных проявлений (сход лавин, ледников, оползней и т. д.). Начало фактическому функционированию Кармадонского параметрического полигона положила организация пункта наблюдений «Кармадон» в сентябре 2003 года. Дальнейшее развитие сети инструментальных наблюдений включало расширение инструментального мониторинга непосредственно в верховьях реки Геналдон. В 2011 году был разработан проект организации пункта сейсмического мониторинга непосредственно в районе ложа ледника Колка [Заалишвили и др., 2012; Заалишвили, Мельков, 2013].

Расположение пункта в экстремальных климатических условиях высокогорья (на высоте около 3000 метров над уровнем моря) обуславливает жесткие требования к его обустройству с целью обеспечения стабильной работы. Можно выделить целый ряд факторов влияющих на работу сейсмостанции и обуславливающих 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) [Trnkoczy et al., 2009]. 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.

В состав сейсмической станции входит оборудование отечественного производства – регистратор сейсмических сигналов «Дельта-03» и сейсмоприемник СПВ-3К. 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 (рис. 1а).

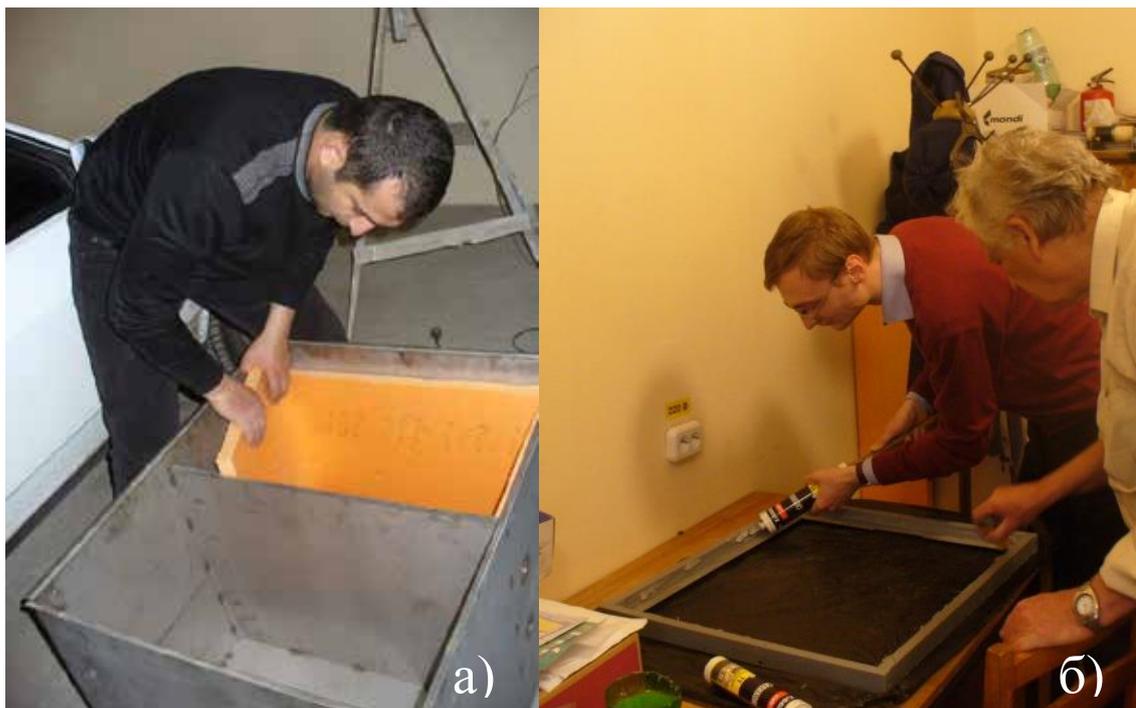


Рис. 1. Подготовительные работы: а) укладка термоизоляции в аппаратный ящик; б) подготовка рамы солнечной батареи

Электрические параметры солнечной батареи, в значительной степени зависят от метеорологических условий. При длительной эксплуатации в естественных условиях необходимо учесть зависимость излучения солнечной радиации от времени года и широты расположения самого объекта.

Для оценки целесообразности использования солнечных батарей в различных районах Российской Федерации, необходимо знание количества ясных и пасмурных дней в данном районе. Ориентировочно можно считать, что на севере и в средней

полосе России вероятность ясной погоды составляет 15–18%, полуюсной – 10–20% и пасмурной – 57–75%. На юге России вероятность ясной и полуюсной погоды на широте 43°–45° северной широты составляет 80%, а пасмурной – 20%. Путем расчетов установлено, что в течение года в южных районах нашей страны можно получить с каждого квадратного метра площади 1160–1650 кВт/час электроэнергии.

Режим прихода солнечной энергии на Землю в течение года и суток весьма не постоянен. Так, например, для южных районов нашей страны, расположенных между 43°–45° северной широты, продолжительность солнечного дня колеблется от 8 часов (зимой) до 16 часов (летом).

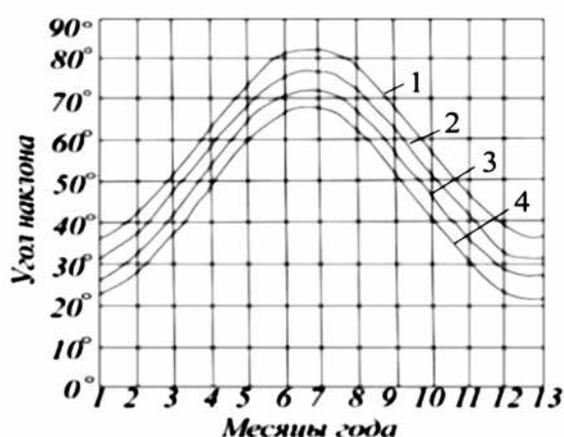
В начале и конце ясного солнечного дня количество солнечной энергии, падающее на плоскость, расположенную перпендикулярно направлению на Солнце, невелико.

Через час после восхода Солнца она уже достигает значительной величины. Далее, скорость возрастания падающей энергии постепенно уменьшается. В полдень энергия достигает своего максимального значения (около 900 Вт/м²).

Соединения батареи со следящим устройством, стоимость относительно высока и применима только совместно с солнечными батареями мощностью не менее 100 Вт и более.

Стационарные плоскости, на которых следует располагать солнечные батареи, должны быть обращены на юг, и иметь различный угол наклона к вертикали в зависимости от времени года и широты местности. Оптимальные значения угла наклона стационарной плоскости к вертикали для 30°–45° северной широты представлены графиками на рис. 2.

Из технической документации известно, что солнечные батареи работают эффективно в температурном интервале от –65°С до +175°С, такой широкий температурный диапазон позволяет использовать в любой географической точке России.



1° - 30° сев. широты; 2° - 35° сев. широты; 3° - 40° сев. широты; 4° - 45° сев. широты

Рис. 2. Оптимальный угол наклона стационарной плоскости (к вертикали) в различное время года.

Величина оптимального сопротивления нагрузки при заданном освещении определена для данного преобразователя или батареи. Если нагрузка меняется, а применение буферного аккумулятора или конденсатора по каким-либо причинам

нежелательна, то в зависимости от требований рабочую точку на вольтамперной характеристике необходимо выбрать в области малых токов, или в области малых напряжений, т. е. на участках, где ток или напряжение мало зависят от изменения нагрузки. Неравномерный характер солнечной энергии на земную поверхность приводит к необходимости использовать солнечную батарею совместно с буферным аккумулятором, чтобы накапливать излишки энергии, получаемые в ясную погоду.

Параметры солнечной батареи для перезарядки аккумуляторов определяется в зависимости от нагрузки потребителя энергии и применяемых аккумуляторов. Число последовательно соединенных фотопреобразователей должно быть таким, чтобы рабочее напряжение, подводимое к аккумуляторам, немножко превышало их ЭДС, а нагрузочный ток батареи обеспечивал требуемую величину зарядного тока обычно достигается или выбором преобразователей соответствующей площади, или за счет параллельного соединения преобразователей [ГОСТ 19619-7У...].

Расчет параметров солнечной батареи, применяемой для зарядки аккумуляторных батарей, питающих на определенную мощность измерительных приборов станции Дельта-03 и сейсмоприемника СПВ-3:

– Ток 1 А, напряжение 12-13 Вольт, потребляемая мощность 12 Ватт. Час. Потребляемая энергия в течение суток: $12 \text{ Ватт} \cdot 24 = 288 \text{ Ватт}$

– Энергетический заряд аккумулятора с учетом подзаряда: $288 \text{ Ватт} - 1,3-374,4 \text{ Ватт}$

– Под заряд всей системы: $374,4 \text{ Ватт} / 12 \text{ Ватт} = 31,2 \text{ А/ч}$

С учетом тневых дней солнечная батарея активной мощности 40 Ватт должна обеспечивать работу системы в течение длительного времени. Общий баланс электрической энергии в цепи источник-потребитель (солнечная батарея-прибор сейсмостанции) остается неизменным.

При зарядке аккумуляторов следует иметь в виду, что при низкой освещенности, когда ЭДС солнечной батареи падает, возникает опасность разряда аккумулятора через сопротивление батареи. Это не желательное явление может быть предотвращено путем включения в зарядную цепь диода. Диод должен включен в направлении пропускания для зарядного тока и в направлении запирающего для разрядного тока. Рекомендуется применять контроллер солнечного заряда типа SR-L, он предназначен для контроля функций нагрузки. Нагрузка может подключаться как по времени, так и по величине внешней освещенности, а также вручную. Контроллер защищает аккумулятор от глубокого разряда электробатареи, а также от разряда на панель в ночное время. Максимальный ток нагрузки/солнечной панели от -5 до 20 Ампер. Температура эксплуатации от -35 до $+65^\circ\text{C}$.

Для крепления солнечных батарей используется стальная рама из прямоугольного профиля, которая крепится к скальной стенке в месте установки сейсмостанции и сейсмоприемника, на расстоянии не более 15 м. Солнечные батареи закрепляются в рамы с зазором 2 мм предотвращающим повреждение в результате температурных колебаний, все места контакта батареи с рамой заполнены силиконовым герметиком (рис. 1б). Батареи навешиваются на несущую раму и могут быть отрегулированы по углу наклона.

Установлено, что если полноценное солнечное освещение батарей бывает ограниченное время суток, то желательно использовать солнечную батарею, обеспечивающую ускоренный зарядный ток, величина которого находится в пределах $0,15-0,4\%$ от емкости аккумуляторов.

Для солнечных батарей, чаще всего, применяют свинцово-кислотные аккумуляторы. Аккумуляторы, специально предназначенные для солнечных батарей, существенно отличаются от стартерных автомобильных аккумуляторов, имеющих в основе ту же технологию.

Главными условиями по выбору аккумуляторов являются:

1. стойкость к циклическому режиму работы;
2. способность переносить без последствий глубокий разряд;
3. низкий саморазряд аккумулятора;
4. долговечность.

В процессе выполнения подготовительной научно-исследовательской работы был применен аккумулятор, изготовленный по технологиям AGM (адсорбированный электролит). Эти аккумуляторы характеризуются отсутствием эксплуатационных затрат и перекрывают диапазон емкости до 1200 А/ч, что позволяет удовлетворять требованиям, отличаются пониженным газовыделением, и также не требуют доливки электролита.

Для продления срока службы аккумуляторов при циклическом режиме работы в солнечных батареях необходимо не допускать глубокого разряда.

Глубину разряда аккумуляторов в солнечных системах стремятся ограничить на уровне 30÷40%, что достигается отключением нагрузки (снижением мощности) или использованием аккумуляторов большей емкости. Поэтому, для управления процессом зарядки и выбора оптимального режима в состав солнечной электрической станции обязательно включают контроллеры зарядки-разрядки аккумуляторной батареи [Регистратор сейсмических сигналов, 2009].

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

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: сейсμοприемник 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 [Заалишвили, Мельков, 2013].

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. 3. Оборудование сейсмической станции «Колка» (а)
процесс обслуживания сейсмической станции (б)*

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

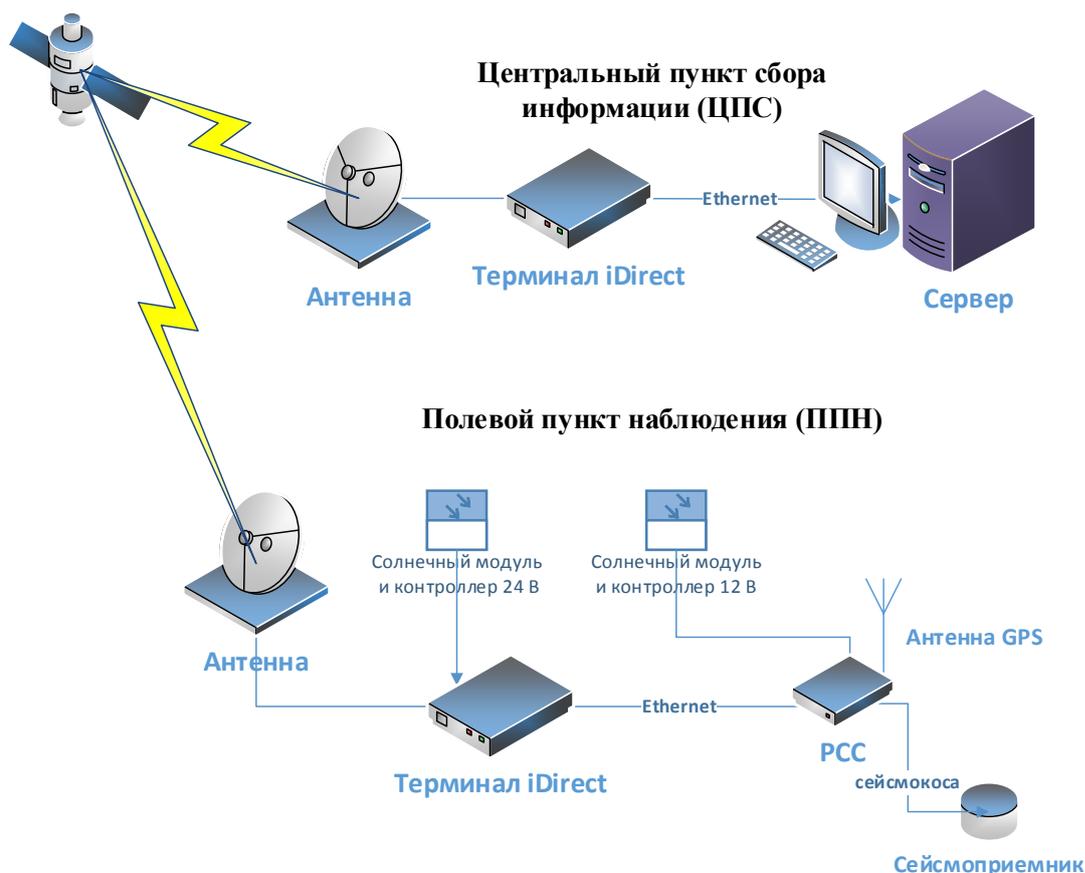


Рис. 4. Схема сейсмологической телеметрической сети Кармадонского параметрического полигона

разработана спутниковая телеметрическая система сбора данных. Станция работает в режиме непрерывной записи, синхронизация времени осуществляется каждые сутки по GPS.

В телеметрическом комплексе контроля сейсмических событий использованы солнечный модуль каркасного типа (МСК) мощностью 40 Вт для электронного потребителя до 12 Вт с комплектацией аккумулятора емкостью 40 ампер-часов. Испытания были проведены в горных условиях с наработкой в течение 720 часов и показали удовлетворительные результаты.

Предлагается выбрать солнечную батарею с выходом рабочего напряжения равным или значительно превышающим то, что требуется нашему потребителю. Если выходная характеристика фотоэлементов мягкая, т.е. его выходное напряжение сильно зависит от нагрузки. Это необходимо выбрать батарею с избытком по напряжению и, следовательно соглашаться с необоснованными потерями мощности.

Литература

1. ГОСТ 19619-7У Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения.
2. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Рыжанов О.Н. Высокогорная сейсмическая станция «Кармадон»: установка и первые результаты наблюдений // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных террито-

риях Северного Кавказа. Владикавказ: Центр геофизических исследований, 2012. С. 411-416.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Габарев А.Ф., Шепелев В.Д. Сход каменно-ледовой лавины в районе ледника Девдорак 17 мая 2014 года по инструментальным данным // Геология и геофизика Юга России. 2014. №4. С. 122-128.

7. Регистратор сейсмических сигналов «Дельта-03». Руководство по эксплуатации. ИТЛЯ.416611.004 РЭ. Логис, 2009.

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

9. Trnkoczy, A., Bormann, P., Hanka, W., Holcomb, L. G., & Nigbor, R. L. (2009). Site Selection, Preparation and Installation of Seismic Stations. In P. Bormann (Ed.), *New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)* (pp. 1-108). Potsdam: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/GFZ.NMSOP_r1_ch7.

DOI: 10.23671/VNC.2014.4.55503

WORK MAINTENANCE OF TELEMETRIC SYSTEM OF SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS UNDER EXTREME CLIMATIC CONDITIONS OF HIGH-MOUNTAIN

© 2014 V.B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., D.A. Melkov, Sc. Candidate (Tech.), A.G. Simak, Sc. Candidate (Tech.), O.N. Ryzhanov

Center of geophysical investigations of VSC of RAS and RNO-A, Russia, 362002, Vladikavkaz, Markov street, 93a, e-mail: cgi_ras@mail.ru

The system of seismic events monitoring under complex climatic conditions in the area of the glacier Kolka bed is organized. There are developed the system of self-contained power supply and telemetric system of data transfer on the basis of satellite technologies.

Key words: monitoring, seismological observations, glaciers.