

СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СОБЫТИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КАРЕЛИИ

Шаров Н.В.

Институт геологии Карельский научный центр РАН, г. Петрозаводск

SEISMIC MONITORING OF THE KARELIAN REGION

Sharov N.V.

Institute of Geology, Karelian Research Centre, RAS, Petrozavodsk

On the seismic demarcation map of Russia OSP-97 Karelia is shown as a zone of possible magnitude 5-7 seismic activity with a recurrence period of 5000 years. Seismic activity is restricted to the Kandalaksha-Dvina paleorift and to the Ladoga-Bothnian suture zone. In spite of a relatively low seismic activity level, the detailed study of Karelia is not only of theoretical, scientific interest, but is also of practical value which has increased markedly because there are big industrial complexes, gas pipelines and hydrotechnical facilities in the region.

Современные движения земной коры (ЗК) Феноскандинавского щита определяются двумя главными моментами: вертикальным сводообразным поднятием щита в целом и автономными блоковыми движениями. Сводовое поднятие ЗК является продолжением прежних движений, заложенных еще в допалеозойское время. Все блоки ЗК участвуют в общем сводообразном поднятии щита и многие из них одновременно завершают чисто индивидуальные по отношению к соседним блокам дисгармоничные движения. По современным представлениям сейсмический режим изучаемой территории в значительной степени зависит от геодинамического воздействия на соответствующий объем ЗК со стороны зон субдукции и рифтогенеза. Область перехода от щита к Русской плите (зона сопряжения) наиболее подвержена современным геодинамическим изменениям.

Сейсмичность северо-запада России хотя и не приводит к катастрофическим последствиям, но при существующей концентрации в этом районе промышленных предприятий, подземных коммуникаций, газопроводов, наличии Ленинградской и Кольской АЭС может вызвать чрезвычайные ситуации, например, прорыв подземных вод, распространение радиоактивных и химических отходов из существующих могильников. Осуществление мониторинга техногенных землетрясений на Костомукшском железорудном месторождении позволяет вести контроль за сейсмичностью района. Ее повышение связано с выработкой и перемещением большой массы горных пород.

Инструментальная системы регистрации. Станции региональной сети Карелии, принадлежащие ИГ КарНЦ РАН, оснащены системой сбора Cossack Ranger II (CR II), которая включает четыре пункта [Землетрясения..., 2007]. Схема расположения станции приведена (рис. 1). Точная и абсолютная привязка станции ко времени необходима особенно при их работе в составе региональной сети. Ошибка синхронизации данных CR II с мировым временем не превышает ± 10 мкс.

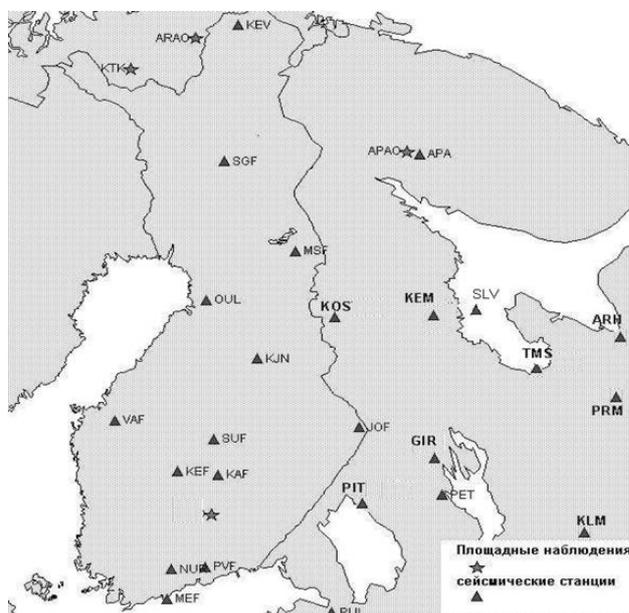


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Финляндии, Норвегии, России, осуществляющих наблюдение за сейсмическими событиями в Карельском регионе.

Fig.1. Seismic station network in Finland, Norway and Russia that records seismic events in the Karelian region.

Процесс развертывания сейсмической сети начался летом 2000 г. с установки станции РЕТ. Датчики установлены в подвале деревянного двухэтажного здания на постаменте, связанном с выходом коренных пород. Передача данных осуществлялась по радиоканалу, напрямую связывающему станцию с сервером данных Института геологии [Землетрясения..., 2007]. Станция эффективно работала до октября 2007 г. и временно закрыта в связи с ликвидацией здания, в котором располагался регистратор. Летом-осенью 2006 г. после проведения рекогносцировочных работ были установлены станции КОС, РИТ и КЕМ (рис. 1), а также станция ИФЗ РАН (В.Ю. Бурмин) ГИР в п.Гирвас.

Станция KOS установлена на территории школы в центре г. Костомукша. Две другие станции (KEM и PIT) расположены на территории компаний ОАО «Северо-западный Ростелеком» и «Радиотелевизионный передающий центр Республики Карелия», где существует бесперебойное питание от сети и сохранность оборудования. Во всех случаях для датчиков оборудованы постаменты, связанные с выходом коренных пород.

Удаленный контроль работы станций (KEM, PIT, KOS) и передача данных осуществляется при помощи GPRS – модемов мобильных телефонов, связывающих станции с сетью Интернет. Существенным недостатком такого подключения оказывается то, что в часы высокой загруженности сети скорость передачи данных сильно падает и любые операции, проводимые со станцией удалено, либо обрываются, либо обрабатываются очень медленно.

Обработка данных. Станции работают под управлением ОС LINUX. Данные в архивированном виде и в формате DST поступают в определенный каталог, в нашем случае STATION/DATA. Подключив и смонтировав дополнительный жесткий диск к системному блоку, инженер копирует данные. Монтирование жесткого диска производится с помощью утилиты MOUNT /DEV/SDB, где sdb – обозначение прибора.

Скопировав данные, жесткий диск надо размонтировать и при выключенном компьютере отключить. Вся полученная информация сохраняется на компакт – диски DVD.

Данные просматриваются с помощью программного пакета WSG или утилит LINUX. Дополнительно переводим формат DST в формат GSE. Производим конвертирование данных. Программный модуль WSG работает с входными данными, предварительно занесенными в дисковую петлю сейсмических записей, преобразованных во внутренний формат и описанными в базе данных. В базу данных WSG вносим информацию о сейсмических станциях, каналах регистрации сейсмических данных для каждой станции.

Регистрируемые события. Станции Карельской сети регистрируют в основном местные взрывы и локальные события в приграничных областях, на территории Архангельской Ленинградской, Вологодской областей и Финляндии, Швеции. Кроме локальных событий Карельская сеть регистрирует и телесеismicкие события.

Землетрясения на территории Карелии происходят крайне редко, раз в 2 года и небольшой интенсивности. 27 сентября 2008 года, сейсмостанциями КарНЦ РАН зарегистрировано землетрясение с магнитудой 2.4 (рис. 2). Землетрясение произошло на севере Карелии, в районе озера Паанаярви. Сейсмограмма техногенного землетрясения в Хибинском массиве Мурманской области (рис. 3).

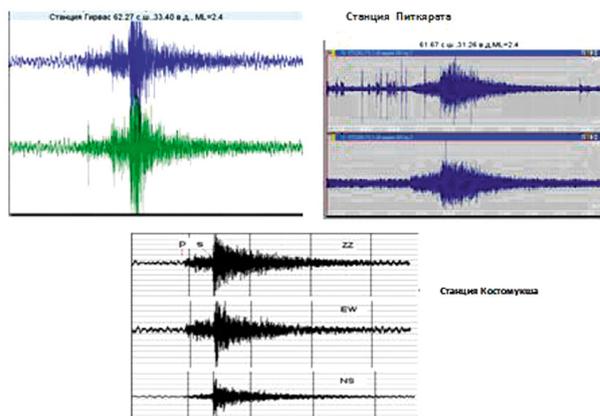


Рис. 2. Землетрясение на севере Карелии в районе озера Паанаярви, 27 сентября 2008 г. Магнитуда на уровне 2,4. Запись станций KOS, GIR, PIT.

Fig. 2. Magnitude 2.4 earthquake in the Lake Paanajärvi area, North Karelia, 27 September 2008. Recorded by KOS, GIR and PIT stations.

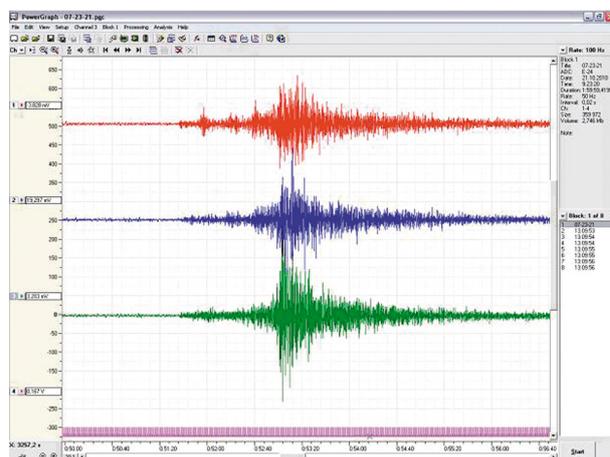


Рис. 3. Сейсмограмма техногенного землетрясения 21.10. 2010г., магнитуда на уровне 3,9, в Хибинском массиве. Запись на станции GIR.

Fig. 3. Seismic record of an artificial earthquake in the Khibiny massif, 21 October, 2010. Magnitude about 3.9. Recorded by GIR station.

Морозобойные удары в июле 2004 года сотрудники ИГ КарНЦ РАН совместно с геологами и геофизиками из Москвы провели по заданию Управления МЧС России по Республике Карелия экспедиционные исследования в районе пос. Калевала для выяснения природы сотрясений домов по улице Советской, наблюдаемых жителями в декабре 2003 года. Ученые пришли к заключению, что это морозобойный удар. Такие сотрясения происходят зимой при резкой смене температуры воздуха. При этих явлениях отмечается звук наподобие ружейного или пушечного выстрела с улицы, сотрясение стен, качание люстр и т.д. Все признаки соответствуют силе 3-4 балла.

Чтобы верно понять природу рассматриваемых толчков, сначала отметим несколько фактов исторического характера. Как известно, Северная Карелия вообще и Калевальский район в частности относятся к сейсмическим областям, где 5-балльные землетрясения отмечались, например, в 1910г. Поэтому возникновение серии землетрясений тектонической природы в пос. Калевала было бы неудивительно.

При решении вопроса о природе сотрясений в пос. Калевала в 2003 (да и в 2004) году необходимо обратить внимание в первую очередь на такие признаки, как ограниченная площадь ощущаемых колебаний именно вдоль озера, не далее 200-300 м от него, начальное возмущение в виде взрыва, направленность толчка от озера. Если принять во внимание сведения о резких перепадах температур в декабре 2003 года от 0 до -25 градусов и наоборот и обнаружении на льду озера протяженной трещины, то вопрос, естественно, решается в пользу принятия морозобойного характера толчков в рассматриваемом случае.

Морозобойный удар сопровождается очень сильной звуковой волной и может быть записан только ближайшими к месту событий сейсмологическими станциями, т.к. воздушная волна быстро затухает, в отличие от упругой волны землетрясения. Наши финские коллеги передали нам сейсмограмму самого сильного морозобойного удара в районе пос. Калевала. На станции Мааселка (MSF), которая находится в 100 км от пос. Калевала, получена запись 24 декабря 2003 года в 20:56:43. Это событие короткое (рис. 4), высокочастотные волны Р и S отсутствуют, идентифицировано финскими специалистами как морозобойный удар в районе пос. Калевала. Сейсмостанции Карелии и Финляндии, расположенные на больших удалениях от Калевалы, подобные записи не зарегистрировали. Сотрясение от 26 декабря 2004 года, произошедшее около 22 часов в районе пос. Калевала, также отнесено к морозобойному удару.

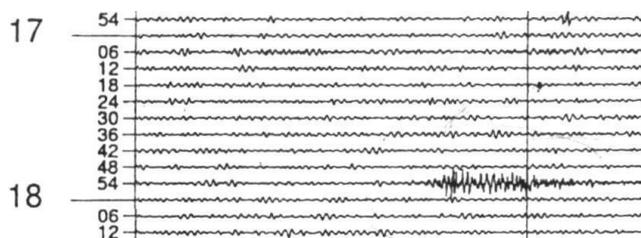


Рис. 4. Сейсмограмма станции MSF морозобойного удара 24 декабря 2003г. в районе пос. Калевала на оз. Средние Куйто.

Fig. 4. Seismic record of a frost shock. Recorded by MSF Station in the Kalevala area on Lake Sredneye Kuito on 24 December, 2003.

Поскольку речь идет о сотрясениях силой до 4-5 баллов, это означает, что в Карелии необходимо впредь считаться и с этим типом явлений морозобойного характера.

Утилизация боеприпасов. В июне-сентябре 2010г. передвижная сейсмостанция ИГ КарНЦ РАН в районе пос. Новая Вилга регистрировала сейсмоакустические воздействия на здания от уничтожения боеприпасов на военном полигоне (рис. 5). Были выбраны оптимальные заряды и удаление места взрыва от поселка, что позволило уничтожить отработавшие срок хранения боеприпасы без нанесения ущерба жителям. Наибольшее беспокойство населению доставляют звуковые волны от взрывов, т.к. импульсный сигнал от максимума спадает (рис. 5 а,б). В то же время пролет самолета имеет большую амплитуду сигнала, но он постепенно нарастает, достигая максимума и убывает (рис. 5 в).

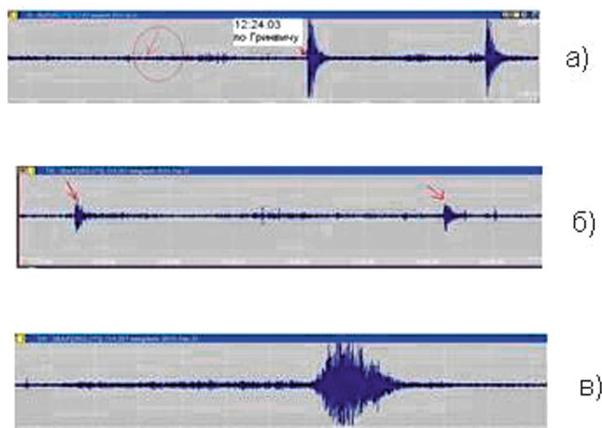


Рис. 5. Сейсмограмма звуковой ударной волны на удалении 5 км, масса ВВ 20 кг (а); на удалении 10 км, масса ВВ 40 кг (б); взлет самолета с аэропорта Бесовец на высоте 0,5-1 км над сейсмостанцией (в).

Fig.5. Seismic record of a sonic shock wave at a distance of 5 km, explosions mass 20 kg (a); at a distance of 10 km, explosions mass 40 kg (b); take-off of a plane from Besovets Airport 0.5-1 km above the seismic station (c).

Падение ступеней ракет. Зарегистрированное сейсмологической сетью Скандинавии, Мурманской, Архангельской областей и Республики Карелия неудачный пуск ракеты «Булава», представляет собой сейсмический отклик геологической среды. По группе станций определены координаты падения обломков ракеты.

Промышленные взрывы. Для слабоактивной в сейсмическом отношении территории Карелии наиболее яркими сейсмическими событиями до сих пор являются карьерные взрывы. Исследования карьерных взрывов представляет особый интерес, связанный с возможностями решения на его основе многих сейсмологических задач [Землетрясения..., 2007]. Для составления сейсмических каталогов в настоящее время используется изучение типовых характеристик сейсмических сигналов от многочисленных карьерных взрывов как источников помех при исследовании слабых местных землетрясений.

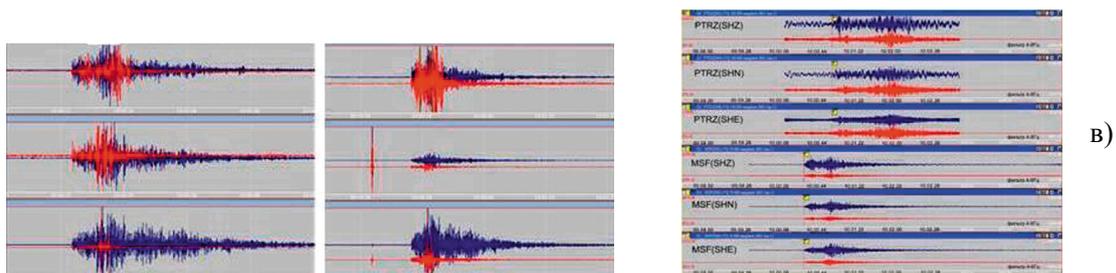


Рис. 6. Взрывы в карьере в районе Костомукши 13.01.2010г.; а – запись станции КЕМ; б – запись станции КОС; в – запись станций РЕТ и MSF 12.01.2007г.

Fig. 6. Blasts in a quarry in the Kostomuksha area on 13 January, 2010; a – recorded by KEM station; b – KOS Station record; c – PET and MSF station record on 12 January, 2007.

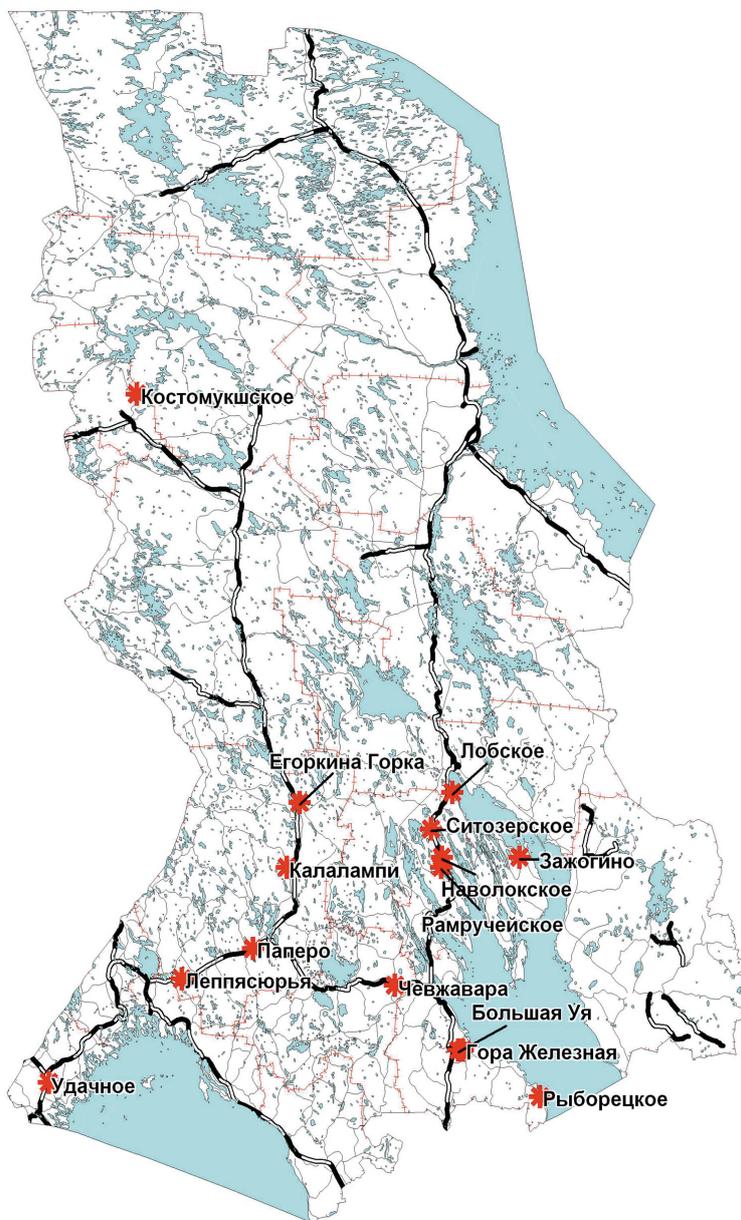


Рис. 7. Схема расположения основных действующих карьеров Республики Карелия. Составлена В.А. Шековым.

Fig. 7. Scheme showing the arrangement of major active quarries in the Republic of Karelia.

Частыми и регулярными событиями на наших записях (рис. 6) являются *взрывы в карьере* г.Костомукша. Карьер ОАО “Карельский окатыш” самый крупный железорудный карьер на территории республики. Взрывы в этом карьере мощные, регулярные и производятся в одно и то же время (по средам и пятницам в 13 часов по местному времени). Общая масса короткозамедленного взрыва (заряда) достигает несколько сотен тонн.

Менее регулярными на территории Карелии проводятся взрывы в 14 карьерах (рис. 7) по добыче облицовочного камня и щебенки. Производство взрывных работ до 200 взрывов ежегодно на этих карьерах выполняет ООО «Карелвзрывпром». Общая масса заряда изменяется от 10 до 50 тонн.

Заключение. Опыт организации и эксплуатации региональной сейсмической сети короткопериодных станций на территории Карелии позволяет сделать вывод о том, что станции CR II являются надежными, недорогими и позволяют вести мониторинг сейсмичности на представительном уровне. При локации местных землетрясений и взрывов в 15 карьерах есть возможность использовать сейсмические записи этих событий финскими станциями, Архангельской и Мурманской сейсмологическими сетями.

Результаты сейсмологических наблюдений, полученные на территории Карелии передаются,

по запросу: геофизической службой РАН (г.Обнинск), территориального управления МЧС по республике Карелия (г.Петрозаводск), командования Северного флота (г.Североморск).

Республика Карелия и прилегающие к ней территории плохо изучены в сейсмологическом плане, хотя именно здесь в случае возникновения землетрясений возможны наибольшие разрушения промышленных объектов, опасных в экологическом отношении, с соответствующими последствиями.

Возможно возникновение на этой территории слабых сейсмических событий с магнитудой до 3-4, которые способны спровоцировать в ослабленных зонах землетрясения с последующими разрушениями расположенных вблизи промышленных, транспортных и жилых объектов. При оценке сейсмической опасности территории основное внимание должно уделяться выделению и изучению зон сейсмической активности.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН-6.

Литература

Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / Под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловичко, Ю.К. Щукина. Кн. 1: Землетрясения. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 381 с.