

УДК 551.2/.3: 550.34

DOI: 10.23671/VNC.2013.1.55566

МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ РСО-АЛАНИЯ

© 2013 В.Б. Заалишвили, д.ф.- м.н., проф., Н.И. Невская, к.г.- м.н., Л.Н. Невский, Д.А. Мельков, к.т.н., Б.В. Дзеранов, к.г.-м.н., А.С. Кануков, асп., В.Д. Шепелев, асп.

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

В связи с активизацией опасных природных процессов на Кавказе и, в частности, сходом ледника Колка 20 сентября 2002 года существующая республиканская сейсмическая сеть наблюдений Центра в конце 2003 года была преобразована в сеть комплексных наблюдений «Кармадонский параметрический полигон». Целью функционирования сети является исследование природно-техногенных опасных геологических процессов в горных районах.

Ключевые слова: мониторинг, сейсмологические наблюдения, геодинамические сети, гравиметрические наблюдения

Ежедневно в мире происходят сотни катастроф природного и техногенного характера. Среди других катастроф сейсмическая занимает особое место. По данным ООН (Living with risk, 2002), они составляют около 51% от общего числа природных катаклизмов и доминируют в ряду всех видов катастроф [Баласанян и др., 2004].

Наибольшую опасность в силу своей близости к территории г. Владикавказа представляет Владикавказский разлом, сейсмический потенциал которого оценивается $M=7.1$ [Рогожин, 2007]. В связи с этим, а также учитывая активизацию опасных природных процессов на Кавказе и, в частности, неожиданным сходом 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» (рис. 1), предполагающую сейсмологические, геодинамические и гравиметрические наблюдения [Бондырев, Заалишвили, 2005]. В середине 2006 года сеть была частично модернизирована – произведена замена устаревших цифровых регистраторов сейсмических сигналов (РСС) «Альфа-Геон» на регистраторы нового поколения «Дельта-Геон». Это позволило увеличить продолжительность регистрации записей за счет применения флеш карт большой емкости, наладить службу точного времени за счет использования GPS и т.д. Целью функционирования сети является разработка новой 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 2003г. была организована базовая станция в п. Кармадон.

Для обработки получаемых данных сети Кармадонского параметрического полигона, сотрудниками Центра был разработан пакет программ.

- программа ADB2DB, предназначенная для ввода в единую базу данных записей сейсмических событий;

- программа «Выборка событий», предназначенная для выделения сейсмических событий для их последующей обработки;

- программа WINADB-SEV, предназначенная для монтажа событий в формат SEV и позволяющая вызывать служебные программы для их последующей обработки.

- утилиты, предназначенные для просмотра и редактирования заголовков adb файлов, конвертер adb файлов в текстовый формат.

Такое структурирование данных позволяет не только находить нужные записи из банка данных, но и производить более сложные операции с помощью SQL-запросов. Важным элементом обработки записей любой локальной сети сейсмологических наблюдений является выборка событий. Событие считается выделенным, если оно зарегистрировано не менее чем N станциями (например, тремя), причем время включения регистраторов, попадает в определенный временной интервал (временное окно) Δt . Разработанная программа «Выборка событий» позволяет производить процедуру поиска записей, удовлетворяющих данным условиям. Программа имеет графический интерфейс, разделенный на несколько областей: календарь, текстовая область. Также в программе можно вызвать окно ввода SQL-запроса, что позволяет передавать дополнительные параметры, выполняя более гибкие запросы для выборки данных.

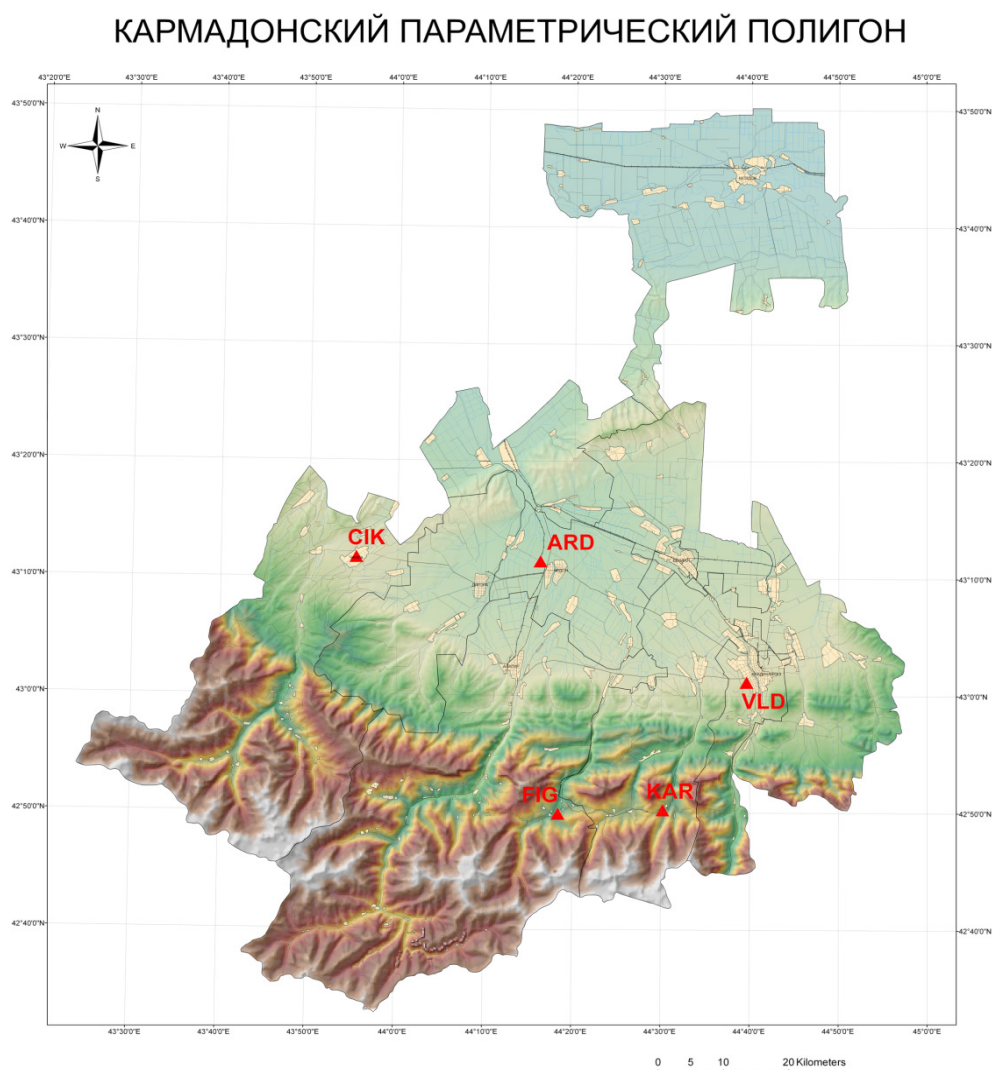
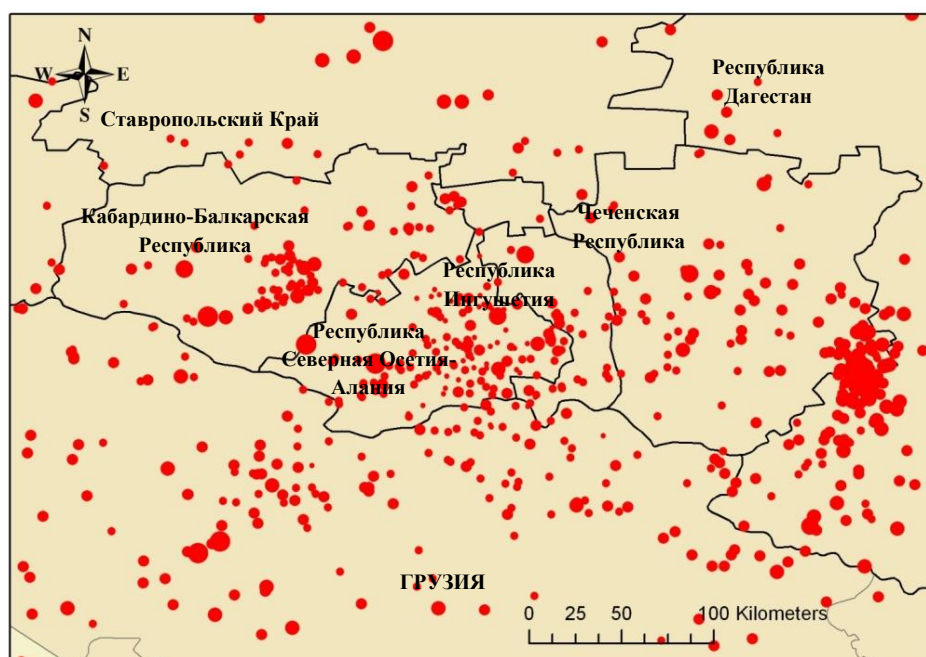


Рис. 1. Сеть сейсмологических наблюдений Кармадонского параметрического полигона

Только за последние два года было получено и обработано 780 записей сейсмических событий, из которых 157 событий зарегистрировали одновременно 5 станций, 237 событий – 4 станции и 385 событий – 3 станции (рис. 2).



Magnitude

• 0-1 • 1-2 • 2-3 • 3-4 • 4-5 • 5-6 • 6-7

Рис. 2. Обработанные события за 2006-2010 гг.

Создание системы сейсмических наблюдений для целей инженерной сейсмологии (станции специально устанавливаются на различных грунтах территории), согласно рекомендациям ООН, обязательны для урбанизированных территорий, расположенных в зоне высокой сейсмической опасности. Это особенно актуально для Северного Кавказа, где такие наблюдения практически отсутствуют. В то же время на Северном Кавказе (ГС РАН) создана современная система наблюдений за землетрясениями, без учета грунтов, где станции, как правило, устанавливаются на плотных грунтах.

В связи с этим, а также необходимостью изучения и последующего анализа малоизученного проявления особенностей воздействия активных разломов на ситуацию в городе, на территории г. Владикавказ, по инициативе В.Б. Заалишвили, было решено развернуть локальную сеть сейсмических наблюдений.

В августе 2004 г. впервые на Северном Кавказе нами была организована постоянная локальная сеть сейсмических наблюдений на участках с различными грунтовыми условиями непосредственно на урбанизированной территории – г. Владикавказ (рис. 3). Главной задачей создания локальной сети «Владикавказ» («Урбанизированная территория») явилась необходимость оценки влияния грунтовых условий на формирование интенсивности и спектрального состава землетрясений. На рис. 4 представлены записи землетрясения, зарегистрированного сетью сейсмологических наблюдений «Владикавказ» и соответствующие спектры, демонстрирующие влияние грунтовых условий на спектральный состав колебаний.

В 2010 году в процессе выполнения работы сеть была расширена и дополнена двумя станциями по улицам Гагиева и Владикавказской (BUR и TUR, соответственно).

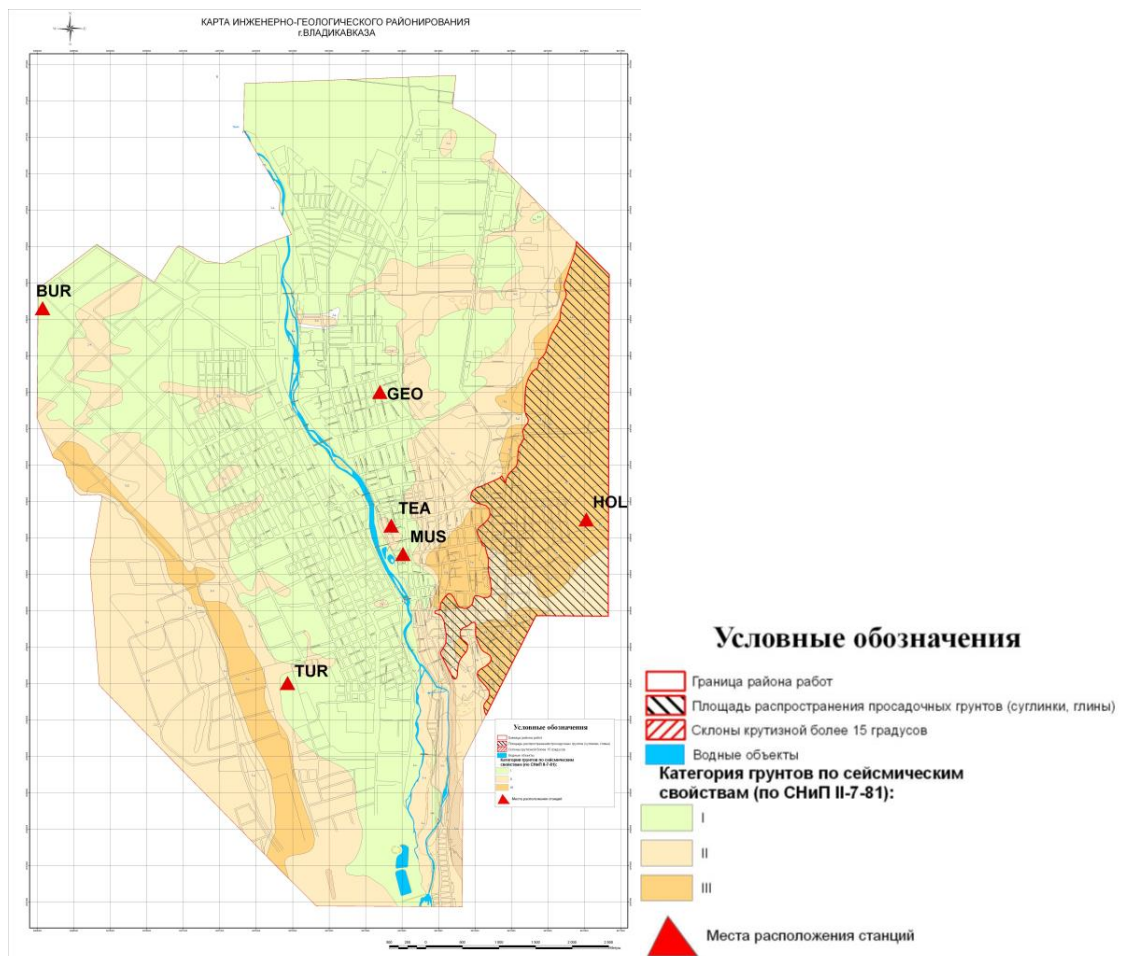


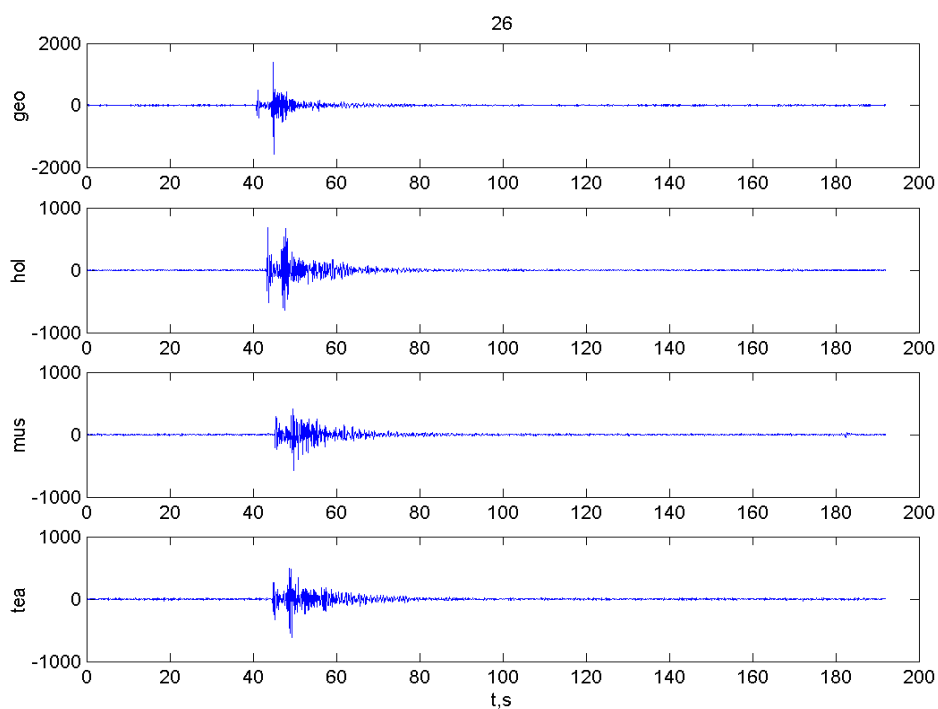
Рис. 3. Схема расположения сейсмических станций на территории г.Владикавказа, инженерно-геологические условия исследуемой территории

Характеристики современных движений и деформаций являются одними из основных при исследовании развития геодинамических процессов геологической среды. Развитие Северо-Кавказской деформационной сети позволит создать систему контроля за современными движениями и деформациями земной коры.

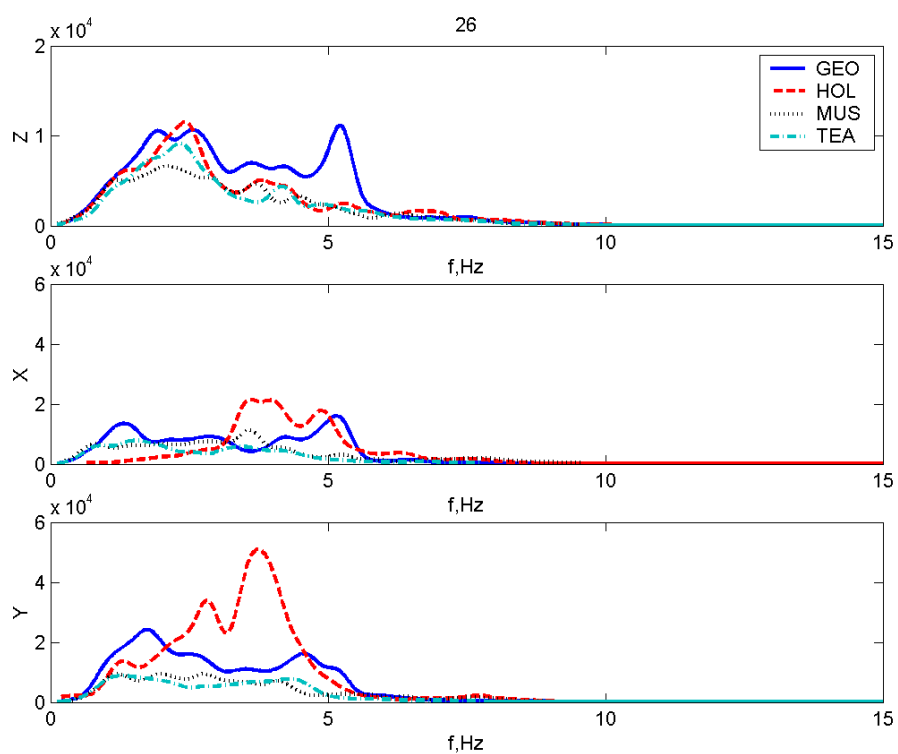
Вновь создаваемая Северо-Осетинская сеть пунктов GPS является развитием Северокавказской геодинамической сети, которая включает пункты GPS созданные и использованные для измерений по разным проектам предыдущих эпох.

Первая эпоха измерений GPS относится к июлю-августу 1991 г., когда сотрудниками ИФЗ АН СССР совместно с американскими специалистами были выполнены измерения по Международному проекту Кавказ-1991 (Галаганов О.Н. и др. 2007).

В 1993-2000 годах в рамках Международной программы WEGENER на территории Северного Кавказа и Предкавказья проводилось изучение перемещений земной коры с помощью спутниковой глобальной позиционной системы GPS. Было выполнено несколько циклов GPS-измерений с целью изучения современной геодинамики Кавказа [Шемпелев, 2000; Шевченко, 1999; Becker, 1995]. Векторы скорости разнонаправленных горизонтальных смещений согласно измерениям на более двух десятках пунктов наблюдений в пределах Центрального и Восточного Кавказа были невелики и ориентированы осреднённо в юго-восточном направлении. А конкретно для территории Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, Ингушетии и



a)



б)

Рис. 4. Сейсмическое событие, зарегистрированное станциями сети сейсмологических наблюдений «Владикавказ», вертикальная компонента (а) и соответствующие спектры колебаний (б)

Чечни по геологическим данным и GPS-измерениям было подчеркнута, что породы юрско-мелового возраста нарушены серией чешуйчатых надвигов северного падения, перемещения по которым происходят в южном направлении вверх по восстанию пород [Шевченко, 1999]. В частности, в пределах Осетии на станциях Мацута и Одола вдоль Нальчикского сдвига были зафиксированы вертикальные перемещения до 19 мм/год, горизонтальные – до 6 мм/год.

С целью развития Северо-Кавказской региональной сети стационарных станций наблюдения спутников GPS/ГЛОНАСС в 2008 г. в здании Центра геофизических исследований установлена стационарная станция «Владикавказ» (код станции VLAD) (рис. 5). В стационарном режиме станция работает с 2008 г.

В результате совместных работ ИФЗ РАН и ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А выполнено следующее: обсуждена концепция создания и развития Северо-Осетинской геодинамической сети, проведена рекогносцировка мест размещения пунктов GPS дискретных измерений, разработана конструкция знака пункта GPS, устанавливаемого на крышах зданий, один из которых установлен на территории г. Владикавказа (KM20) и выполнены GPS измерения на трех пунктах синхронно с работой на четвертом пункте с постоянной регистрацией спутниковых сигналов, которые будем считать исходной эпохой геодинамических исследований с применением спутниковых технологий в зоне Владикавказского глубинного разлома.



Рис. 5. Стационарная станция наблюдений спутников GPS/ГЛОНАСС «Владикавказ»

Оценка текущих координат проводилась методом PPP (Precise Point Positioning), реализованного в составе программного комплекса BERNESE 5.0 [Милюков и др., 2008]. Текущие значения координат для станции VLAD показаны на рис. 6. Оценки скоростей проводились относительно системы ITRF2005. Для станции VLAD получены следующие значения компонент скоростей: E $25,7 \pm 1,4$, N $14,5 \pm 0,9$, U $-3,6 \pm 2,4$, что соответствует горизонтальному вектору скорости $29,5 \pm 1,4$ мм/год, азимут

60,6 градусов. Данная величина соответствует, в общем, полю скоростей Северного Кавказа, полученного по данным станций NDCA – быстрое горизонтальное движение в северо-восточном направлении практически с одинаковыми скоростями, около 28 мм/год.

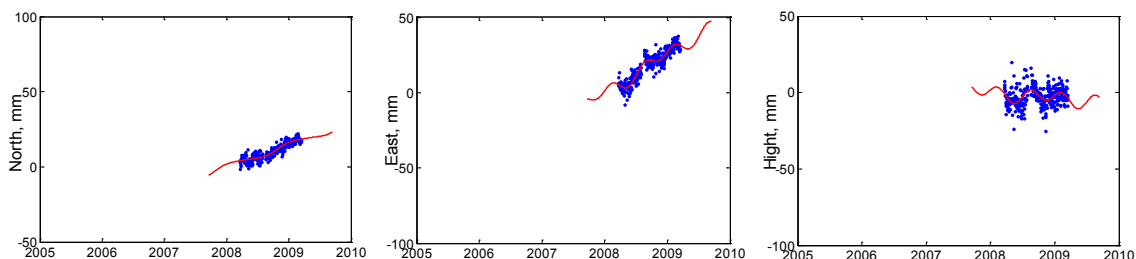


Рис. 6. Изменения (мм) текущих координат станции наблюдения спутников «Владикавказ»

Для определения вертикальных движений поверхности Земли в районах Главного хребта Кавказа в районе Баксанского ущелья уже в течение 20 лет проводятся:

1. Стационарные и относительные геодезические определения координат и высот долговременных геодезических и гравиметрических пунктов.
2. Абсолютные и относительные гравиметрические определения силы тяжести в районе Главного хребта Кавказа и на равнине, т.е. в районах с максимальными и минимальными вертикальными скоростями движения поверхности.

До настоящего времени работы по относительной гравиметрической съемке с целью уточнения вертикальных скоростей поднятия Главного хребта Кавказа выполнялись на гравиметрических пунктах узкодиапазонного и широкодиапазонного гравиметрических полигонов, созданных в 1970-1972 годах.

Постаменты пунктов гравиметрических полигонов расположены на открытой местности вблизи дорог. Качество гравиметрических измерений на этих пунктах страдает из-за влияния вибраций от автомобильных дорог и влияния атмосферных факторов (дождей, солнца, ветра, разностей наружных температур между наблюдениями и т.п.), приводящих к сильному искажению поступающей информации. Поэтому качественный результат относительного гравиметрического метода может быть достигнут только за длительный период наблюдений.

В 2010 году для повышения качества измерений было решено провести дополнительные относительные гравиметрические измерения на абсолютных гравиметрических пунктах. Совмещение абсолютных и относительных измерений, выполняемых на одних и тех же постаментах, выгодно по трем причинам:

1. В связи с тем, что пункты совмещены, поступающая информация дублируется, достоверность, и качество ее повышается.
2. В связи с тем, что пункты находятся внутри зданий, влияние окружающей среды минимизируется.
3. В связи с тем, что измерения проводятся по пунктам с абсолютным значением, автоматически происходит определение цены деления относительных гравиметров.

Работы по измерениям выполнялись группой специалистов ЦГИ ВНЦ РАН (Владикавказ) и ГАИШ МГУ (Москва) относительным гравиметром CG5 № 567 канадской фирмы Scintrex (рис. 7).

Для выполнения относительных измерений силы были выбраны следующие абсолютные гравиметрические пункты: «Ардон», «Владикавказ».

Пункт «Ардон» расположен в здании антенного комплекса «Антенные поля», принадлежащего МЧС России в районе города Ардон Республики Северная Осетия.



Рис. 7. Относительный гравиметр CG5 канадской фирмы Scintrex.

Пункт «Владикавказ» заложен в 2008 году. Пункт расположен в специально построенном одноэтажном здании ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-Алания. Марка заложена в постаменте размером 122x120 см высотой 120 см, установленном на галечном грунте. Марка находится на 7 мм ниже поверхности постаumenta.

Все измерения выполнялись в соответствии с «Инструкцией по гравиразведке» 1980 г. по схеме повторных связей типа А-В-А [ГОСТ 24284-80, Инструкция ... , 1980].

Гравиметр после включения прогревался не менее 2-х суток. Перед работами в гравиметре были проведены соответствующие юстировки и настройки.

Схемы измеренных приращений представлены на рис. 8. и рис. 9. На схемах красным цветом нанесены приращения силы тяжести вычисленные по данным аб-

солютных гравиметров. Синим цветом нанесены приращения силы тяжести, полученные по данным относительных гравиметров. Стрелки соответствуют увеличению силы тяжести. Значения приращений приведены в мкГалах (10^{-8}м/с^2).

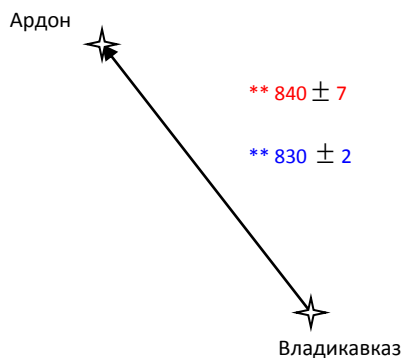


Рис.8. Схема измеренных приращений силы тяжести между пунктами измерений.

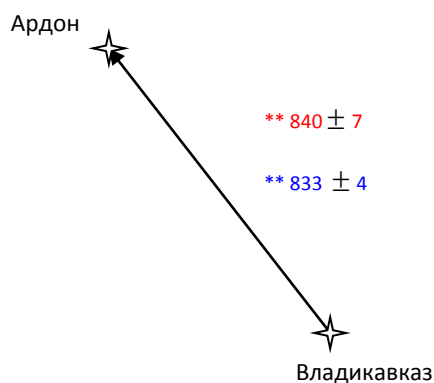


Рис.9. Схема исправленных приращений силы тяжести между пунктами измерений.

Основываясь на проведенных измерениях, а также на значениях приращений между пунктами, полученных ранее с помощью абсолютного гравиметра, можно сделать вывод, что на коротких дистанциях наблюдалось расхождение цены деления абсолютного и относительного гравиметров. Кроме того полученные результаты имеют большую погрешность, связанную с изломом рабочего дрейфа гравиметра CG5 № 567. Тем не менее, величина данной погрешности не выходит за рамки допустимой. Также следует отметить тот факт, что излом дрейфа прибора происходил спустя 2,5 часа после начала измерений. Однако в процессе последующей работы дрейф может приобрести линейный характер. Об этом свидетельствует тот факт, что в последние дни измерений происходило выполаживание кривой дрейфа.

Выводы

1. В связи с активизацией опасных природных процессов на Кавказе и, в частности, сходом 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».

2. В результате модернизации в 2006 г. была произведена замена устаревших регистраторов на приборы нового поколения «Дельта-Геон», что позволило увели-

чить продолжительность регистрации записей и наладить службу точного времени за счет использования GPS.

3. Целью функционирования сети «Кармадонский параметрический полигон» является разработка новой концепции повышения безопасности населения горных регионов и создание эталонных сценариев опасных геологических процессов.

4. Комплексная система наблюдений включает в себя сейсмологические, геодинимические и гравиметрические наблюдения.

5. С целью развития Северо-Кавказской региональной сети стационарных станций наблюдения спутников GPS/ГЛОНАСС в 2008 г. в здании Геофизического центра ВНЦ РАН и РСО-А заложена стационарная станция «Владикавказ».

6. В 2008 году заложен гравиметрический пункт «Владикавказ», оснащенный современным гравиметром Scintrex CG-5. В 2010 году для повышения качества измерений были проведены дополнительные относительные гравиметрические измерения на абсолютных гравиметрических пунктах.

7. Таким образом, на территории РСО-А сформирована современная система наблюдений, что позволит решать актуальные задачи снижения рисков территории.

Литература

1. Баласанян С. Ю., Назаретян С. Н., Амирбекян В. С. Сейсмическая защита и ее организация. Гюмри: «Эльдорадо», 2004. – 436 с.

2. Бондырев И. В., Заалишвили В. Б. Современные геодинимические процессы Казбеги-Кельского района Центрального Кавказа. Институт географии им. В. Багратиони АН Грузии, Тбилиси, 2005. 154 с.

3. ГОСТ 24284-80 Гравиразведка и магниторазведка. Термины и определения.

4. Милоков В. К., Кануков А. С., Хубаев Х. М. Создание Северо-Кавказской региональной сети стационарных станций наблюдения спутников GPS/ГЛОНАСС // Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе / Труды III Кавказской международной школы – семинара молодых ученых. Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2009. С. 332-335.

5. Инструкция по гравиразведке. Утверждена Мингео СССР, ГУНиО, ГУГК, ИФЗ АН СССР. – М., ВТУ, 1980.

6. Рогожин Е. А. Зоны ВОЗ и их характеристики для территории Республики Северная Осетия – Алания // Иновационные технологии для устойчивого развития горных территорий: Материалы /Международная конференция VI. 28-30 мая 2007г. – Владикавказ: Изд-во «Терек», 2007. С.283-284.

7. Шевченко В. И., Гусева Т. В., Лукк А. А., Мишин А. В., Прилепин М. Т., Рейлинджер Р. Э., Хамбургер М. У., Шемпелев А. Г., Юнга С. Л. Современная геодинимика Кавказа (по результатам GPS-измерений и сейсмологическим данным) // Физика Земли, 1999, №9.

8. Шемпелев А. Г. Информационный отчет о работах по изучению перемещений земной коры Северного Кавказа и Предкавказья. Ессентуки, ТГФ, 2000.

9. Becker M. H., Reinhart E., Marjnovic M., Freitag P., Kumkova I., Olifirov V., Finkelstein A., Shempelev A. GPS Observations of a Profile Black Sea to the Northern Caucasus: Preliminary Results after the First Measurements. In: XXI GA IUGG «Geophysics and the Environment», Abs. Week A, Boulder, Colorado, July 2-14, 1995, A47.

DOI: 10.23671/VNC.2013.1.55566

MONITORING OF HAZARDOUS NATURAL AND TECHNOGENIC PROCESSES ON THE TERRITORY OF RNO-ALANIA

V.B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-math.), prof., N.I. Nevskaya, Sc. Candidate (Geol.), L.N. Nevsky, D.A. Melkov, Sc. Candidate (Tech.), B.V. Dzeranov, Sc. Candidate (Geol.), A.S. Kanukov, V.D. Shepelev

Center 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: cgi_ras@mail.ru

In connection with activation of hazardous and technogenic processes in Caucasus and, in particular, fall of glacier Kolka (happened on 20 September 2002) existing republican seismic network was reconstructed in network of complex observations "Karmadon parametric range". The goal of network operation is investigation of nature-technogenic hazardous geological processes in mountain regions.

Keywords: monitoring, seismological observations, geodynamical networks, gravimetric observations