

УДК 551.24. 550.34

МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ПРЕДПОЛАГАЕМОГО АРДОНСКОГО РАЗЛОМА И НА УЧАСТКЕ ТРАССЫ ГАЗОПРОВОДА ОТ СЕЛ. ДЗУАРИКАУ ДО ГРАНИЦЫ РСО-АЛАНИЯ

© 2012 В. Б. Заалишвили¹, д.ф.-м.н., проф., Н. И. Невская¹, к.г.-м.н.,
Л. Н. Невский¹, Д. А. Мельков¹, к.т.н., А. Г. Шемпелев^{1,2}, к.г.м.н.

¹ Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002,
г. Владикавказ, ул. Маркова 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru

² Федеральное государственное унитарное геологическое предприятие
«Кавказгеолсъемка» (ФГУГП «Кавказгеолсъемка»), Россия, 357600,
Ставропольский край, г. Ессентуки, ул. Кисловодская 203,
e-mail: shemp@geolog.kmv.ru

Аннотация. В статье рассмотрены основы комплексного мониторинга территории, как единого геологического объекта или их совокупности с особенностями генезиса, строения, состава, физического состояния таких объектов и целым рядом важнейших показателей или характеристик, как тектонические, сейсмические, магнитные и др. Все это предполагает необходимость формирования соответствующих видов мониторинга и отсюда его составляющих элементов.

Предложены основные виды мониторингов, использование которых может позволить адекватно оценивать те или иные характеристики среды исследуемого региона: сейсмомониторинг, мониторинг вариаций электромагнитного поля, перемещений земной коры и др., в той или иной степени коррелируемых с опасными геологическими процессами и определяющими их. Приведены примеры современных систем мониторинга, используемых на Северном Кавказе.

Особая задача заключается, например, в мониторинге не только хорошо выделяемого по многим признакам области хорошо известного Владикавказского разлома, но и определения пространственной ориентации и границ простираения предполагаемого Ардонского разлома. Активный мониторинг должен позволить значительно снизить риск аварий на реальных объектах (застройка урбанизированных территорий, их инфраструктура, ЗарамагГЭС, газопровод и т. д.) за счет анализа мониторинга этих процессов.

Ключевые слова: мониторинг, опасные процессы, Кармадонский параметрический полигон, Кавминводский полигон, Ардонский разлом, газопровод, безопасность.

Работы по мониторингу состояния геологической среды в условиях Центрального Кавказа направлены на выявление и прогнозирование активного развития опасных эндогенных и экзогенных геодинамических процессов. Для территории Осетии это, прежде всего, соответственно, землетрясения и оползни. Изучение развития экзогенных процессов может вестись на полигонах вдоль газотранспортных трасс, а сеймотектоническое районирование, выделение зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ) и мониторинг геодинамического состояния геологической среды, в том числе и на прилегающей к полигонам территории. Определенный опыт мониторинга подобных явлений на Кавказе накоплен в процессе 30-летних работ на Кавминводском геофизическом полигоне, Кармадонском параметрическом полигоне и в последние годы в районе города Сочи [Заалишвили и др., 2008; Заалишвили, Дзеранов, Габараев, 2011; Горбатиков, Овсюченко, Рогожин, 2011; Заалишвили, Певнев, Рогожин, 2011; Малофеева, Забирченко, Лаврищев, 2012].

На начальной стадии работ необходимо составление схемы тектонического строения территории Масштаба 1:100000-1:200000, прежде всего, с целью выделения активных разломов. К активным разломам относятся разрывные нарушения, в зоне которых геодинамические процессы происходят в настоящее время или происходили в недалёком прошлом. Признаками жизни разломов могут быть наблюдаемые в их зоне изменения сейсмических, гидрогеодинамических и газгидрогеохимических полей, электромагнитного излучения Земли, а также геодезические перемещения отдельных блоков земной коры.

Работы по мониторингу состояния геологической среды и прогнозированию опасных геологических процессов, в первую очередь, направлены на выделение зон ВОЗ, приуроченных к активным разломам, тяготеющим, в свою очередь, как правило, к зонам глубинных разломов. А газопроводы в Осетии располагаются в зоне предполагаемого Ардонского межглыбового глубинного разлома и пересекают зону Главного Кавказского надвига, крупнейших тектонических структур на Кавказе.

Для выделения на тектонической основе зон ВОЗ необходим сбор сейсмических материалов за предыдущие годы и их классификация. Подготовка сейсмотектонической основы позволит обосновать размещение станций и организацию комплексного мониторинга геодинамического состояния геологической среды, создание и внедрение единой информационно-аналитической системы данных.

Из разнообразия наблюдаемых физических признаков эндогенных процессов и методов контроля над геодинамическим состоянием геологической среды на Северном Кавказе эффективно зарекомендовали себя мониторинг слабых местных землетрясений, мониторинг электромагнитного излучения Земли (ЭМИ) и регистрация с помощью спутниковой геодезии перемещений блоков земной коры.

Эффективность сейсмомониторинга подтверждается, например, картиной, наблюдавшейся в районе Кавминводского полигона в 1985 г. (рис. 1), когда временная активизация Нальчикской зоны разломов сопровождалась несколькими катастрофическими оползнями (район Кисловодского Олимпийского комплекса, посёлок Подкумок на трассе Минводы – Кисловодск, район города Пятигорска и др.). В остальные, более спокойные годы подобных оползневых явлений не наблюдалось (Шемпелев А. Г., 1990 г.).

В связи с активизацией 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 геофизических исследований была преобразована в сеть комплексных наблюдений «Кармадонский параметрический полигон», включающую сейсмологические, геодинамические и гравиметрические наблюдения. В настоящее время осуществляется совместная обработка данных Кармадонского параметрического и Кавминводского полигонов. Анализ результатов показывает увеличение возможностей сетей за счет совместной обработки данных [Заалишвили и др., 2008].

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 и др., 1999; Becker et al., 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 Чечни по геологическим данным и GPS-измерениям было подчеркнуто, что породы юрско-мелового возраста нарушены серией чешуйчатых надвигов северного падения, перемещения по которым происходят в южном на-

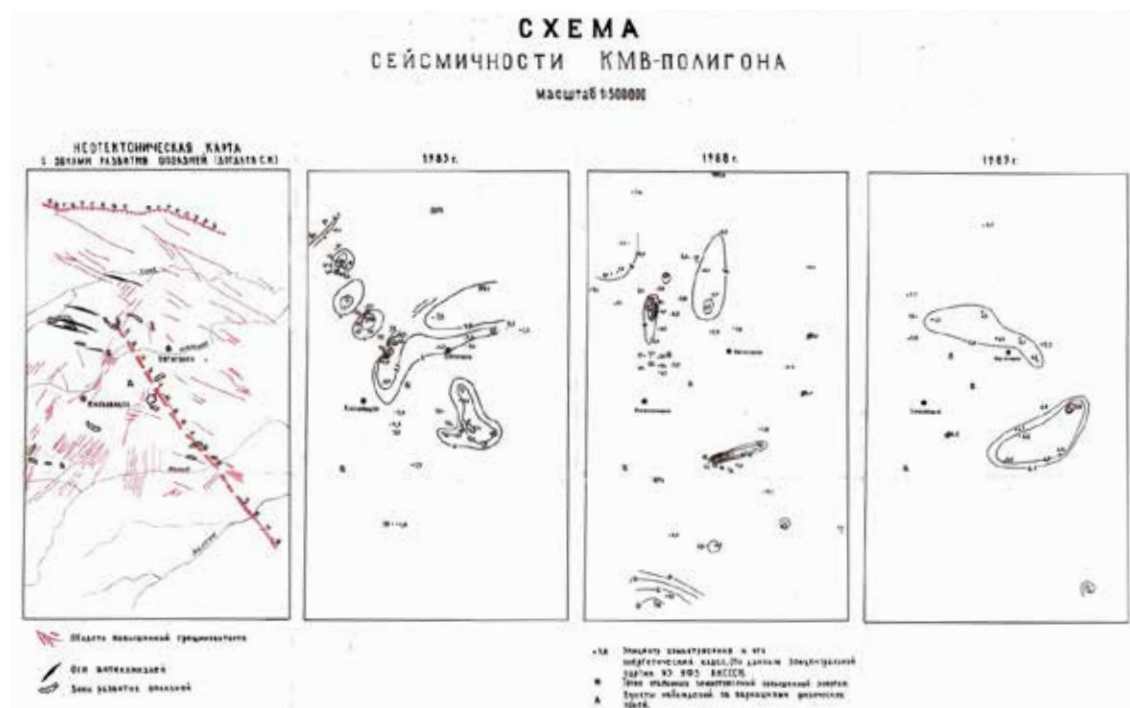


Рис. 1. Схема сейсмичности КМВ-полигона

правлении вверх по восстанию пород [Шевченко и др., 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. Поэтому составление на подготовительном этапе сеймотектонической основы может позволить разместить сеть реперов в различных стабильных геологических блоках и с помощью Российской глобальной навигационной системы (ГЛОНАСС) обеспечить мониторинг их перемещений.

С целью развития Северо-Кавказской региональной сети стационарных станций наблюдения спутников GPS/ГЛОНАСС в 2008 г. в здании Геофизического центра ВНИИ РАН и РСО-А заложена стационарная станция «Владикавказ» (код станции VLAD). В стационарном режиме станция работает с 2008 г [Милуков и др., 2009]. 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 [Милуков и др., 2009].

Признаки вторичных экзогенных процессов обычно изучаются широким комплексом методов, определяющимся в каждом конкретном случае параметрами и характером оползня.

Таким образом, стадии предлагаемых работ заключаются в следующем.

1. На подготовительном этапе составляется сеймотектоническая основа и карты экзогенных процессов (оползней) для обоснованного размещения станций наблюдений.

2. Следующий этап: создание полигона и организация мониторинга, в том числе:

2.1. Ревизия локальной сети сейсмических станций и при необходимости выставление дополнительных.

2.2. Расстановка нескольких станций ЭМИ, учитывая радиус влияния очага землетрясения до 150 км.

2.3. Выставление реперов на стабильных геологических блоках и организация мониторинга с использованием ГЛОНАСС.

2.4. Создание сети мониторинга экзогенных процессов на участках развития оползней с использованием гидрогеологических, геофизических и лазерных технологий при учёте метеоусловий.

3. Основной этап:

Мониторинг и оценка сейсмогеодинамического состояния геологической среды и прогноз изменений геодинамического режима. В зависимости от категории степени опасности при необходимости даются рекомендации по усилению комплексных наблюдений на оползневых участках и приведению служб в соответствующую готовность. Периодичность каждого метода наблюдений определяется видом прогноза (долго-, средне- или краткосрочный).

Система мониторинга (СМ) опасных геологических процессов на участке трассы газопровода включает в себя две подсистемы: 1. Систему мониторинга деформации трубопровода. 2. Систему мониторинга опасных геологических процессов.

СМ контролирует участки территории в зоне возможного воздействия опасных геологических процессов, по которой проложен трубопровод. Такие контролируемые участки называются **постами наблюдения**. Пост наблюдения представляет собой совокупность точек контроля в пределах контролируемого участка территории. На территории поста располагаются **точки контроля геологических процессов и точки контроля деформации трубопровода**.

Точка контроля геологических процессов представляет собой скважину или бункер, в которых размещено измерительное оборудование для контроля параметров, характеризующих развитие опасного процесса. **Точка контроля деформации трубопровода** – интеллектуальные вставки или другие измерители деформации. Точки контроля могут быть **автоматизированными и неавтоматизированными**. **Автоматизированные точки контроля** – точки оснащённые оборудованием для стационарных непрерывных наблюдений. Так, например, точка контроля для инструментально-визуальных наблюдений (репер) является неавтоматизированной. Автоматизированные точки контроля располагаются на участках с развивающимися геологическими процессами, весьма опасными для трубопровода. Ранжирование участков по степени опасности производится по результатам инженерно – геологических изысканий.

Каждая из двух подсистем включает в себя следующие основные элементы:

1. Информационно – измерительная сеть (ИИС). Информационно-измерительная сеть представляет собой комплекс технических и программных средств, предназначенных для отбора и первичной обработки измерительных данных о параметрах контролируемых процессов геологической среды и деформации трубопровода.

2. Информационно – управляющая подсистема (ИУП). Информационно – управляющая подсистема – это комплекс технических и программных средств, обеспечивающих сбор, обработку и распределение данных в подсистемах мониторинга и осуществляющих управление работой всех их элементов.

3. Подсистема сбора и передачи данных (ПСПД) Подсистема сбора и передачи данных – это комплекс технических средств и методов сбора информации с постов наблюдений и точек контроля системы мониторинга. Включает в себя линии связи различного типа, мобильные средства (вертолёты, автомашины, вездеходы и т. д.), оснащённые оборудованием для съёма, сбора и передачи информации.

Система мониторинга опасных геологических процессов должна охватить контроль всех основных негативных природных и природно-техногенных геологических процессов, которыми на исследуемой территории являются:

- оползневые;
- сейсмические процессы;
- обвально-осыпные;
- подтопление;
- эрозионные;
- геодинамические процессы (медленные движения по разрывным нарушениям);
- паводки;
- загрязнение подземных вод и грунтов;
- селевые процессы;

Одновременно на участках развития геологических процессов, представляющих наибольшую опасность для трубопровода, осуществляется контроль деформации трубопровода с помощью интеллектуальных вставок или другими методами.

Система мониторинга в процессе функционирования позволяет получить следующие результаты:

- a. Оценку состояния геологической среды в зоне влияния газопровода.
- b. Контроль характера и интенсивности протекания геологических процессов, опасных для сооружений и оборудования газопровода.
- c. Формирование и распределение пользователям информации об опасных геологических процессах для оперативного принятия превентивных решений по охране геологической среды и безопасной эксплуатации газопровода.

Для контроля параметров развития опасных геологических процессов рекомендуется использовать следующие приборы:

1. Глубинный репер (применяется для контроля деформации при оползневых процессах).
2. Комплекс регистрации уровня подземных вод (применяется при контроле подтопления, измерения температуры воды в скважине и атмосферного давления).
3. Приёмник сейсмоакустических колебаний (применяется для обнаружения ранних признаков развития оползневых процессов).
4. Трёхкомпонентный цифровой скважинный акселерометр (применяется для контроля сейсмических процессов).
5. Блок сбора и передачи данных (применяется для сбора и предварительной обработки информации, поступающей с автоматизированных точек контроля поста наблюдений).
6. Комплект дифференциальных GPS-приёмников (применяется для определения изменения координат реперов, размещённых на трубопроводе и на геологической среде).
7. Оборудование для сейсмо и электроразведки.
8. IBM совместимые компьютеры в промышленном исполнении – 1-2 штуки. Используются в информационно – управляющей подсистеме.
9. В качестве системы сбора и передачи информации могут быть использованы линии технологической связи газопровода, если они имеют протокол передачи информации TCP/IP.

10. Программно-математическое обеспечение, которое включает в себя программное обеспечение оборудования точек контроля, рабочую программу системы мониторинга и программу обработки геологической информации о деформациях трубопровода.

Обработка информации осуществляется на основе программно-аппаратных комплексов входящих в информационно-управляющую подсистему. В частности намечается использовать следующие программные пакеты:

- система комплексного анализа данных СКАД;
- ПК Акнарк;
- ПК Surfer;
- геоинформационная система (Mapinfo, Arcinfo);

- диспетчерские программы оперативного контроля процессов.
- Использование программного комплекса позволит осуществлять контроль опасных процессов, в частности:
- распознавание в реальном времени сейсмического события и оперативное реагирование в автоматическом режиме;
 - определение устойчивости оползневых тел;
 - контроль и моделирование подтопления;
 - общее ведение баз данных мониторинга опасных процессов;
 - оперативный и прогностический анализ изменения параметров на достижение предкритического и критического уровня.

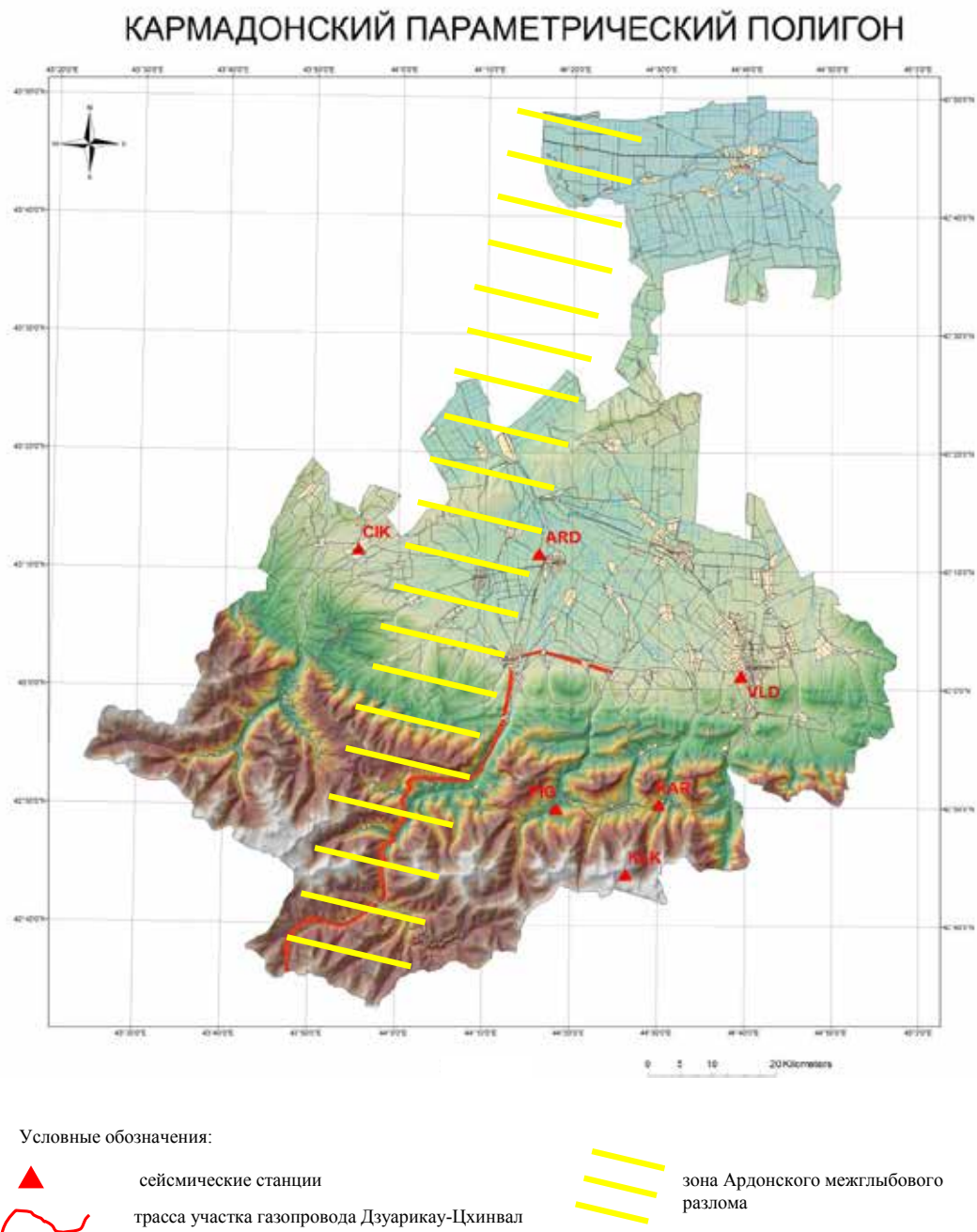


Рис. 2. Схема расположения Ардонского межглыбового разлома, участка трассы Дзуарикау-Цхинвал и сейсмических станций Кармадонского параметрического полигона

Выводы

Проведен анализ основ комплексного мониторинга территории, как геологического объекта или их совокупности с особенностями его генезиса, строения, состава, физического состояния и целым рядом таких важнейших показателей или характеристик, как тектонические, сейсмические, магнитные. Все это предполагает необходимость формирования соответствующих видов мониторинга и отсюда его составляющих элементов.

Рассмотрены основные виды мониторингов, использование которых может позволить адекватно оценивать те или иные характеристики среды исследуемого региона: сейсмомониторинг, мониторинг вариаций электромагнитного поля, перемещений земной коры и др., в той или иной степени коррелируемых с опасными геологическими процессами и определяющими их. Приведены примеры современных систем мониторинга, используемых на Северном Кавказе.

Показано, что обоснование размещения станций и организация комплексного мониторинга геодинамического состояния геологической среды наряду с созданием и внедрением единой информационно-аналитической системы данных, решает множество сопутствующих, но, от этого не менее важных задач подобных временному и пространственному прогнозу опасных геологических процессов.

Особая задача заключается, например, в мониторинге не только хорошо выделяемого по многим признакам области хорошо известного Владикавказского разлома, но и определения пространственной ориентации и границ простирающегося Ардонского разлома.

Дальнейшее развитие мониторинга за счет анализа его результатов, несомненно, позволит значительно снизить риск аварий на реальных объектах (застройка урбанизированных территорий, их инфраструктура, ЗарамаГЭС, газопровод и т. д.)

Литература

1. Горбатиков А. В., Овсяченко А. Н., Рогожин Е. А. Строение зоны Владикавказского разлома по результатам изучения комплексом геолого-геофизических методов. Геология и геофизика Юга России. №2. 2011. С. 23-32.
2. Малофеева С. С., Забирченко Д. Н., Лаврищев В. А. Мзымта-Бескеская сейсмоактивная зона района Большого Сочи и прилегающих территорий. Геология и геофизика Юга России. №1. 2012. С. 46-49.
3. 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
4. Заалишвили В. Б., Певнев А. К., Рогожин Е. А. О геодезическом мониторинге для прогноза землетрясений на Северном Кавказе (на примере Владикавказского прогнозного полигона). Геология и геофизика Юга России. №2. 2011. С. 33-40.
5. Заалишвили В. Б., Невская Н. И., Забирченко Д. Н., Мельков Д. А., Дзеранов Б. В. К вопросу создания локальной сети «Кармадонский параметрический полигон» // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Владикавказ: ВНИЦ РАН и РСО-А, 2008. С. 359-366.
6. Милуков 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. Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2009. С.332-335.

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 геодинамика Кавказа (по результатам GPS-измерений и сейсмологическим данным). Физика Земли, 1999, № 9

8. Шемпелев А. Г. Информационный отчёт 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

MONITORING OF HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES IN ZONE OF SUPPOSED ARDON FAULT AND IN PART OF GAS PIPELINE FROM DZUARIKAU TO THE BORDER OF RNO-ALANIA

V.B. Zaalishvili¹, N.I. Nevskaya¹, L.N. Nevsky¹, D.A. Melkov¹, A.G. Shempelev^{1,2}

¹ Center of Geophysical Investigations of Vladikavkaz Scientific Center and the Government of the Republic of the North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, Russia, e-mail: cgi_ras@mail.ru

² Federal State Unitary Geological Enterprise "Kavkazgeols'emka", Yessentuki, Russia, e-mail: shemp@geolog.kmv.ru

Basis of complex monitoring of the territory as a single geological object or set of features with the genesis, structure, composition and physical state of such objects, and a number of key indicators or characteristics, such as tectonic, seismic, magnetic, etc. are considered. It requires the development of appropriate monitoring types and hence its component elements.

Basic types of monitoring, the use of which may allow adequately assess certain characteristics of the environment of the investigated region are supposed: seismic monitoring, monitoring of variations of electromagnetic field, crustal movements, etc., correlated with dangerous geological processes and define them. The examples of modern monitoring systems used in the North Caucasus are given.

A particular challenge is, for example, in monitoring not only a well-defined in many ways the area is well-known Vladikavkaz fault, but determining the spatial orientation and stretch the boundaries supposed Ardon fault. Active monitoring should allow to significantly reduce the risk of accidents on real objects (construction in urban areas, infrastructure, Zaramag hydro-electric power station, gas pipeline, etc.) analyzing the monitoring of these processes.

Keywords: monitoring, hazardous processes Karmadon parametric range, Kavminvodsky ground, Ardon fault, pipeline safety