

ISSN 2221-3198

# ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА ЮГА РОССИИ

№ 4 / 2013



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Рогожин Е.А., Горбатиков А.В., Заалишвили В.Б., Степанова М.Ю., Харазова Ю.В., Андреева Н.В., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Дзебоев Б.А., Габараев А.Ф.</b> НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЛУБИННОМ СТРОЕНИИ ОСЕТИНСКОГО СЕКТОРА БОЛЬШОГО КAVКАЗА .....	3
<b>Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С.</b> ИНФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ПРЕДЕЛАХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ .....	8
<b>Заалишвили В.Б., Харебов К.С., Харебов А.К.</b> СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ БАЗЫ ДАННЫХ СИЛЬНЫХ ГРУНТОВЫХ ДВИЖЕНИЙ.....	17
<b>Караев Ю.И.</b> ВЛИЯНИЕ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ВЫСОКОНАПОРНЫЕ ГЭС (НА ПРИМЕРЕ ЗАРАМАГСКИХ ГЭС, РСО-АЛАНИЯ).....	23
<b>Магомедов Р.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И МИГРАЦИИ ОЧАГОВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВОСТОЧНОГО КAVКАЗА .....	34
<b>Заалишвили В.Б., Мельков Д.А.</b> ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ ГЕНАЛДОН И КАРМАДОНСКОМ УЩЕЛЬЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ.....	44

## НАШИ ГОСТИ

<b>Bondyrev I.V.</b> GLACIAL AND PERIGLACIAL PROCESSES OF GEORGIA.....	51
---	----

## ИНТЕРВЬЮ

<b>ДЖОН КАРАПЕТЯН: НОРМЫ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ПЕРЕСМАТРИВАЮТСЯ .....</b>	63
--	----

## CONTENTS

<b>Rogozhin E.A., Gorbatikov A.V., Zaalishvili V.B., Stepanova M.Yu., Kharazova Yu.V., Andreeva N.V., Melkov D.A., Dzeranov B.V., Dzeboev B.A., A.F. Gabaraev A.F.</b> NEW IDEAS ABOUT DEEP STRUCTURE OF OSSETIAN SECTOR OF GREATER CAUCASUS .....	3
<b>Zaalishvili V.B., Burdzieva O.G., Zaks T.V., A.S. Kanukov A.S.</b> INFORMATIONAL MONITORING OF DISTRIBUTED PHYSICAL FIELDS WITHIN THE URBANIZED TERRITORIES .....	8
<b>Zaalishvili V.B., Kharebov C.S., Kharebov A.C.</b> STATISTICAL ANALYSIS OF PARAMETERS OF STRONG GROUND MOTIONS DATABASE .....	17
<b>Karaev Yu.I.</b> INFLUENCE DENEROUS DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES ON THE HIGH - PRESSURE HPPS (FOR EXAMPLE ZARA MAGSKAYA HPP, NORTH OSSESSETIA-ALANIA).....	23
<b>Magomedov R.A.</b> PECULIARITIES OF SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION AND MIGRATION SOURCES OF STRONG EARTHQUAKES THE EASTERN CAUCASUS.....	34
<b>Zaalishvili V.B., Melkov D.A.</b> ORGANIZAYION OFOF SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS IN GENALDON ANDKARMADON GORGE BY MEANS OF SATELLITE TELEMETRIC COMMUNICATION SYSTEM .....	44

## OUR GUESTS

<b>Bondyrev I.V.</b> GLACIAL AND PERIGLACIAL PROCESSES OF GEORGIA.....	51
---	----

## INTERVIEW

<b>JON KARELETIAN: EARTHQUAKE ENGINEERING NORMS ARE RECONSIDERING .....</b>	63
---	----

УДК 530.343, 534.11

## НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЛУБИННОМ СТРОЕНИИ ОСЕТИНСКОГО СЕКТОРА БОЛЬШОГО КАВКАЗА

© 2013 Е. А. Рогожин<sup>1</sup>, д.г.-м.н., проф., А. В. Горбатиков<sup>1</sup>, к.ф.-м.н.,  
В. Б. Заалишвили<sup>2</sup>, д.ф.-м.н., проф., М. Ю. Степанова<sup>1</sup>, Ю. В. Харазова<sup>1</sup>,  
Н. В. Андреева<sup>1</sup>, Д. А. Мельков<sup>2</sup>, к.т.н., Б. В. Дзеранов<sup>2</sup>, к.г.-м.н.,  
Б. А. Дзебоев<sup>2</sup>, А. Ф. Габараев<sup>2</sup>, асп.

<sup>1</sup>Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, Россия, 123995, г. Москва,  
ул. Б. Грузинская, 10, e-mail: eurog@ifz.ru

<sup>2</sup>Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002,  
г. Владикавказ, ул. Маркова 93а, e-mail: cgi\_ras@mail.ru

Составлен профиль МСЗ в Осетинском секторе Большого Кавказа. Получена информация о глубинном строении складчатого сооружения. По результатам геолого-геофизического изучения сделаны заключения о глубинном строении Большого Кавказа.

**Ключевые слова:** микросейсмическое зондирование, литосфера, орогенез.

Северный Кавказ является наиболее геодинамически активным регионом европейской части Российской Федерации. Ранее проведенные здесь исследования альпийской складчатости и орогенеза, в частности, количественные оценки горизонтального сокращения поверхности базировались в основном на абстрактных представлениях о складкообразовании и горообразовании в результате коллизии Евразийской и Аравийской литосферных плит. При этом результаты геодезических наблюдений за горизонтальными движениями поверхности методом GPS как бы подтверждают эти представления.

В. В. Белоусов в 80-е-90-е годы прошлого века, рассматривавший Кавказ как природную тектоническую лабораторию, придерживался иного мнения о природе сил, вносящих основной вклад в процессы орогенеза и складчатости. Он полагал, что внутренние процессы дифференциации вещества в недрах и адвективные движения в верхних горизонтах литосферы вполне могут обеспечить внутренние деформации в кавказском сегменте альпийского пояса [Белоусов, 1982].

Для адекватного решения вопроса о вкладе процесса сближения литосферных плит и внутренних процессов в литосфере в новейшую и современную геодинамику региона не хватает данных о глубинном строении земной коры и верхов мантии. Проведенные в 60-е-70-е годы XX века геофизические исследования, использовавшие в основном методы ГСЗ и МОВЗ, оказались недостаточными для построения реалистичной геодинамической модели региона. Поэтому представления о причинах деформаций в подвижной системе остаются не выясненными окончательно.

Использование разработанного в последнее десятилетие и активно применяемого в разных геодинамических обстановках метода микросейсмического зондирования (МСЗ) в комплексе с другими геолого-геофизическими методами открывает новые возможности для понимания глубинного строения Большого Кавказа и причин новейшего орогенеза и складчатости [Горбатиков и др., 2011].

Метод микросейсмического зондирования (ММЗ) [Gorbatikov et al., 2004; Горбати́ков, Степанова, 2008; Горбати́ков и др., 2008; Горбати́ков, Цуканов, 2011] относится к группе пассивных методов сейсморазведки и может применяться при решении геолого-геофизических и структурных задач для различных классов геологических объектов в различных географических и климатических условиях. К настоящему времени накоплен определенный опыт использования ММЗ в научно-исследовательских и промышленных проектах на территории России, стран СНГ и за рубежом [Горбати́ков и др., 2008; Горбати́ков и др., 2009; Горбати́ков и др., 2010].

Модель формирования микросейсмического поля в ММЗ не исходит из обязательной слоистости среды. В этой связи считается, что основной вклад в микросейсмическое поле вносится фундаментальными модами Рэлея, а наличие высших мод минимально. Информативным параметром (полезным сигналом) в ММЗ является искажение амплитудного поля при взаимодействии со скоростными неоднородностями. Фазовая информация не используется. Форма и глубина залегания неоднородности оценивается исходя из распределения искажения на поверхности и частоте, на которой это искажение проявляется. В [Горбати́ков, Цуканов, 2011] показано, что на поверхности Земли над высокоскоростными неоднородностями (скорости упругих волн в неоднородности выше, чем во вмещающей среде) спектральные амплитуды в определенном частотном диапазоне уменьшаются, а над низкоскоростными (скорости ниже, чем во вмещающей) – возрастают. Существует критическая частота  $f$  волны Рэлея, для которой искажения от неоднородности, залегающей на глубине  $H$  максимальны по сравнению с аналогичными неоднородностями на других глубинах. Эта частота  $f$  связана с глубиной  $H$  и соответствующей скоростью фундаментальной моды волны Рэлея  $V_R(f)$  через соотношение:  $H \approx 0.4 \cdot V_R(f)/f$ . Это подтверждено исследованиями геологических объектов различного масштаба и генезиса и модельными расчетами. Данное соотношение используется для обратной процедуры оценки глубины залегания неизвестной неоднородности, формирующей амплитудные искажения (которые мы можем наблюдать) на частоте  $f$ .

Методика проведения полевых измерений сводится к накоплению спектра мощности микросейсмического сигнала в течение некоторого времени последовательно от точки к точке вдоль профиля одним или несколькими переносными датчиками. Одновременно регистрируется микросейсмический сигнал на опорной точке в пределах исследуемого полигона. Коррекция на нее выполняется для устранения эффекта нестационарности зондирующего микросейсмического сигнала. В зависимости от поставленной задачи возможно проведение как профильной, так и площадной съемки.

Основные закономерности формирования сигнала в ММЗ, полученные на численной модели, находятся в хорошем соответствии с результатами полевых экспериментов. Тем не менее, в ряде экспериментальных наблюдений было обнаружено, что полученные изображения не соответствуют результатам описанной серии численных расчетов. В частности это относится к возможности раздельного наблюдения двух субвертикальных структур на глубинах, где, в соответствии с расчетами, изображения должны сливаться в одно, то есть, наблюдается «сверхразрешение». Это обнаруженное несоответствие между результатами расчетов и экспериментов потребовало проведения дополнительного исследования, в ходе которого было показано, что эффект «сверхразрешения» может наблюдаться, если коэффициент Пуассона материала включения приближается к нулевому значению. В природных условиях это может означать наличие развитой микротрещиноватости.

К настоящему времени на численных моделях изучены вопросы: 1) о влиянии коэффициента Пуассона неоднородности на ее изображение в микросейсмическом поле; 2) об оценке величины нелинейного эффекта амплитудной реакции в ММЗ в случае двух близкорасположенных заглубленных тел.

Интересно, что субвертикальные геологические объекты и скоростные границы для ММЗ являются предпочтительными объектами, а субгоризонтальные границы – неудобными объектами. В отличие от этого для сейсморазведки МОВ субгоризонтальные геологические тела и скоростные границы являются предпочтительными объектами. Это объясняется взаимным пространственным положением волновых фронтов и скоростных границ. Так, идеально горизонтальная в пределах измерительного профиля скоростная граница в ММЗ будет незаметна. О горизонтальных границах в ММЗ можно судить по нарушению характера волновой картины, по аналогии с тем, как определяют присутствие и положение субвертикальных разломов в МОВ. В этом смысле ММЗ можно рассматривать как своеобразное «ортогональное дополнение» к МОВ.

Составлен профиль МСЗ в Осетинском секторе Большого Кавказа (рис. 1), пересекающий зоны Скалистого, Бокового и Главного хребтов, Главного Кавказского надвига. В Республике Южная Осетия профиль пересекает тектонические зоны Южного склона Большого Кавказа: Чиаурского флишевого синклинория, Гагрско-Джавского антиклинория, Рачинско-Лечхумского прогиба, Окрибо-Сачхерской переходной зоны к Дзирульскому срединному массиву (Грузинской глыбе). В совокупности с результатами локальной сейсмической томографии на Южном склоне мегантиклинория [Арефьев и др., 2006] эти материалы дают ясное представление о глубинном строении складчатого сооружения.

Результаты комплексного геолого-геофизического изучения позволяют сделать ряд заключений. Согласно результатам МСЗ кристаллический фундамент в осевой части центрального сектора Большого Кавказа (в зонах Бокового, Главного хребтов, в северной части Чиаурской флишевой зоны) в земной коре с глубины 10 км подстилается обширным телом вещества с высоким уровнем сейсмических шумов – низкоскоростным включением. Данные МТЗ (магнитотеллурическое зондирование) говорят о высоком сопротивлении этого вещества, а данные гравиметрии – о повышенном  $\Delta g$  [Шемпелев, 2008]. Низкодобротное включение прослеживается, сокращаясь по ширине, вплоть до раздела Мохо. Это глубинное тело распадается на два отдельных объема. Один, северный подстилает зоны Главного и Бокового хребтов, а более южный лежит под зонами Южного склона – Чиаурской флишевой, Гагрско-Джавской вплоть до Рача-Лечхумской. Локальные горизонтальные неоднородности низкоскоростного включения совпадают с известными из данных ГСЗ границами разделов: подошвы фундамента, Конрада, Мохо [Павленкова, 2012]. Многие из выявленных вертикальных неоднородностей в объеме низкоскоростного тела ассоциируются с продолжением на глубину крупнейших зон разломов региона. В частности, Главный кавказский надвиг.

Под наиболее северными зонами Скалистого и Пастбищного хребтов земная кора характеризуется относительно более высокими скоростными характеристиками материала по сравнению с осевыми зонами.

На поверхности над северной частью низкоскоростного тела широко распространены новейшие и современные вулканические проявления: лавы, игнимбриты, туфы риолитового и риолит-дацитового состава.

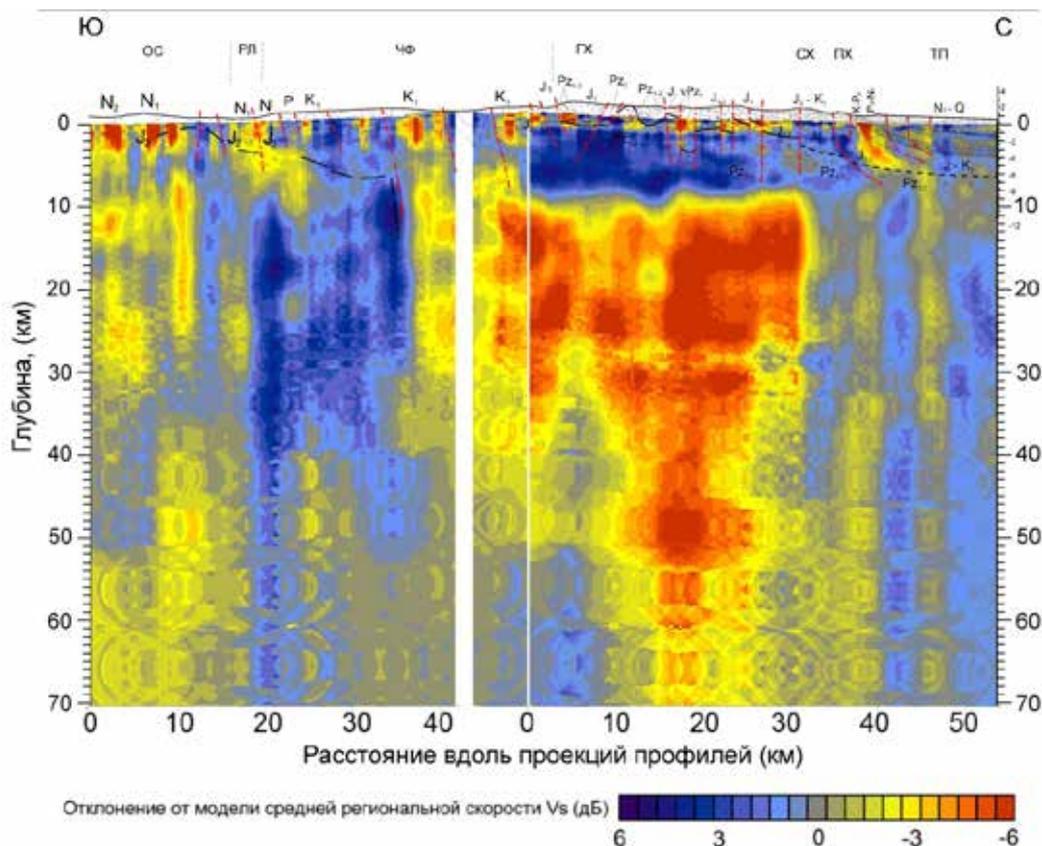


Рис. 1. Профиль МСЗ (ММЗ) вдоль линии Ардон-Цхинвал. Тектонические зоны: ОС – Окрибо-Сачхерская, РЛ – Рача-Лечхумская, ЧФ – Чиаурский флишевый синклиниорий, ГХ – Главного хребта, БХ – Бокового хребта, СХ – Скалистого хребта, ПХ – Пастбищного хребта, ТП – Терского прогиба. Разломы: КЛ – Кахетино-Лечхумский, Тб – Тибский, АК – Адайком-Казбекский, Вл – Владикавказский

По аналогии с районом Приэльбрусья низкоскоростное включение в коре характеризуется низкими скоростями и по данным сейсмической томографии может иметь кислый и средний состав материала (по-видимому, гранит-риолитового состава), к тому же в дилатантном состоянии, т.е. нарушенного многочисленными трещинами, заполненными ювенильными газами.

Над коровым включением наблюдаются наибольшие высоты рельефа. В то же время, оно существенно не влияет на распределение разных типов альпийских складчатых деформаций.

Обнаруженная региональная коровая неоднородность может быть интерпретирована в духе идей В.В. Белоусова о глубинной дифференциации вещества в верхах мантии и адвективном проникновении легкого, низкооборотногo материала в кору, обусловившем наряду с молодым вулканизмом новейший орогенез Большого Кавказа.

## Литература

1. Арефьев С.С., Рогожин Е.А., Быкова В.В., Дорбат К. Глубинная структура очаговой зоны Рачинского землетрясения по сейсмотомографическим данным. // Физика Земли, 2006, № 1, с. 30-44.
2. Белоусов В.В. Большой Кавказ как тектоническая лаборатория // Проблемы геодинамики Кавказа. М.: Наука, 1982. С. 9-13.

3. Горбатиков А. В., Ларин Н. В., Моисеев Е. И., Беляшов А. В. Применение метода микросейсмического зондирования для изучения строения погребенной трубки взрыва // ДАН. 2009. Т. 428. №4. С. 526-530.
4. Горбатиков А. В., Овсяченко А. Н., Рогожин Е. А., Степанова М. Ю., Ларин Н. В. Сейсмотектоника и глубинное строение зоны Владикавказского активно-го разлома // Геофизические исследования, 2011, – 12 (1). – С. 47-59.
5. Горбатиков А. В., М. Ю. Степанова, Г. Е. Кораблев Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование среды с помощью микросейсм. // Физика Земли. 2008. №7. С.66-84.
6. Горбатиков А. В., Степанова М. Ю., Цуканов А. А., Тинакин О. В., Комаров А. Ю., Одинцов С. Л. Новая технология микросейсмического зондирования в задачах изучения глубинного строения месторождений нефти и газа. // ISSN 0028-2448. Нефтяное хозяйство. 2010. №6. С.15-17.
7. Горбатиков А. В., Цуканов А. А. Моделирование волн Рэлея вблизи рассеивающих скоростных неоднородностей. Исследование возможностей метода микросейсмического зондирования // Физика Земли. 2011. №4. С.96-112.
8. Павленкова Г. А. Строение земной коры Кавказа по профилям ГСЗ Степное-Бакуриани и Волгоград-Нахичивань (результаты переинтерпретации первичных данных). // Физика Земли, 2012, №5, с. 16-25.
9. Шемпелев А. Г. Результаты глубинных геофизических исследований вдоль Геналдонского профиля//в кн. Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа, Труды международной н.-п. конференции, Владикавказ, 20-22 сентября 2007, Владикавказ, 2008, стр. 457-463.
10. Gorbaticov A. V., Kalinina A. V., Volkov V. A., Arnos J., Vieira R., Velez E. Results of Analysis of Data of Microseismic Survey at Lanzarote Island, Canary, Spain // Pure appl. Geophys. 2004. V. 161. P. 1561-1578.

## **NEW IDEAS ABOUT DEEP STRUCTURE OF OSSETIAN SECTOR OF GREATER CAUCASUS**

**© 2013 E. A. Rogozhin, A. V. Gorbaticov, V. B. Zaalishvili, M. Yu. Stepanova,  
Yu. V. Kharazova, N. V. Andreeva, D. A. Melkov, B. V. Dzeranov, B. A. Dzeboev,  
A. F. Gabaraev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>The Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, B. Gruzinskaya str., 10  
Moscow, Russia, 123995, e-mail: eurog@ifz.ru,

<sup>2</sup>Center of Geophysical Investigations of VSC RAS and RNO-A, Markova str. 93a,  
Vladikavkaz, Russia, 362002., E-mail: cgi\_ras@mail.ru

The MSZ profile of the ossetic sector of the large Caucasus is composed. Information about the deep structure of plicated construction is obtained. The conclusions about the deep structure of the large Caucasus are made according to the results of geological-geophysical study.

**Keywords:** microseismic zoning, lithosphere, orogenesis.

УДК 504.75

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ПРЕДЕЛАХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

© 2013 В. Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф., О. Г. Бурдзиева, к.г.н., Т. В. Закс, к.м.н., А. С. Кануков

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

Проведены исследования влияния факторов окружающей среды на здоровье населения на территории г. Владикавказ. Данные анализировались методом медико-экогеофизического районирования по зонам обслуживания населения городскими поликлиниками. В 126 точках города были произведены замеры уровня гамма-излучения, а также проведены замеры величин электрических и магнитных полей.

**Ключевые слова:** гамма-излучения, электромагнитное поле, экогеофизические факторы окружающей среды.

В последнее время уделяется большое внимание изучению влияния факторов внешней среды на состояние здоровья человека [Бериев, 2008а, 2008б; Григорьев, 2002; Дубров и Мейзеров, 2004; Заалишвили и др., 2009; Bersani, 1999].

Объектом исследований был г. Владикавказ, который является урбанизированной горной территорией. В ходе исследования были изучены показатели взрослого и детского населения города за период 2005-2007 гг., а также в 126 точках города произведены замеры уровней шума, гамма-излучения, электрических и магнитных полей.

Для изучения состояния здоровья взрослого и детского населения были проанализированы годовые отчетные формы №12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения» взрослых и детских городских поликлиник за три года.

Полученные в ходе исследований данные анализировались методом медико-экогеофизического районирования по зонам обслуживания населения городскими поликлиниками.

Рост общей заболеваемости отмечается по всем взрослым и детским поликлиникам. По нозологиям отмечается рост новообразований (поликлиника №1), нервной системы, глаза и уха, органов дыхания (по всем поликлиникам).

Замеры уровня шума (рис. 1, 2) производились во временном интервале с 10.00 до 15.00 часов. Более высокие показатели шума отмечены на магистральных улицах и местах их пересечения. Разброс показателей составил от 53 до 108 дБА. Если взять общее количество исследований за 100%, то в 79,3% уровень шума превышал допустимый уровень в 70 дБА.

Таким образом, население города Владикавказа значительное время суток подвергается шумовому воздействию выше допустимого уровня, что может негативно влиять на здоровье горожан.

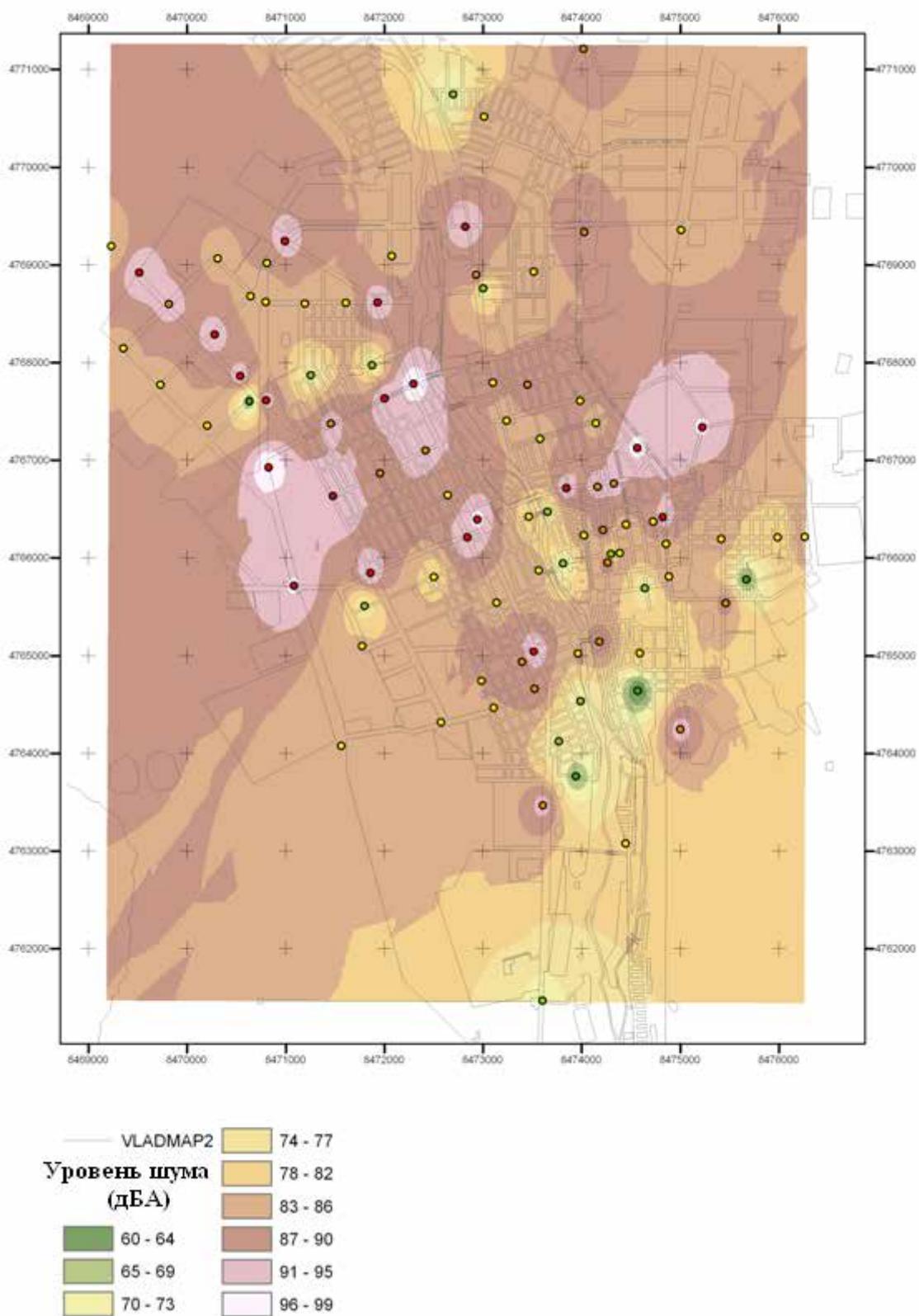


Рис. 1. Распределение минимального зарегистрированного уровня шума (дБА) на территории г. Владикавказа

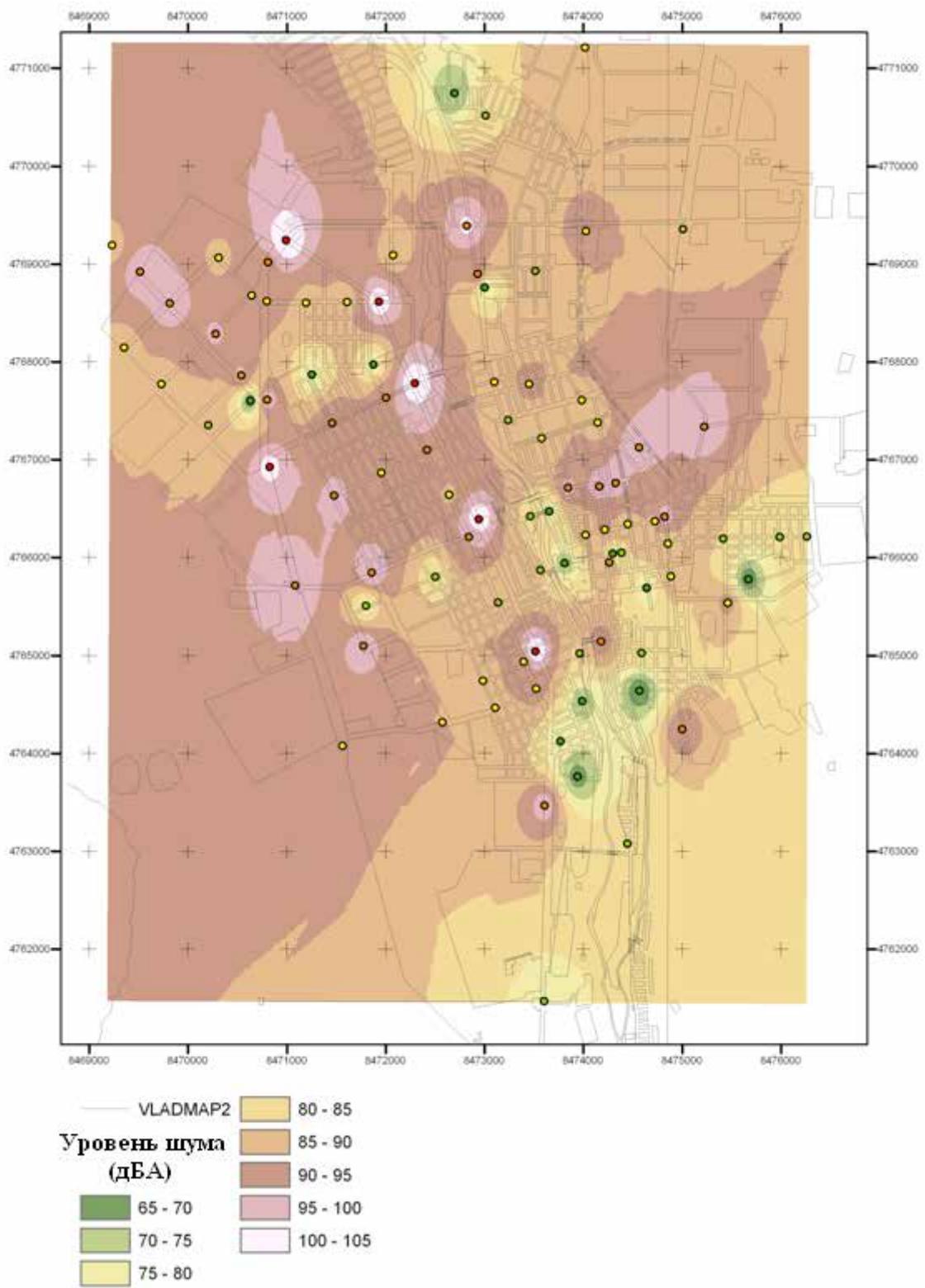


Рис. 2. Распределение максимального зарегистрированного уровня шума (дБА) на территории г. Владикавказа

Замеры уровня гамма-излучения, проведенные в 126 точках города показали, что они не превышают предельно допустимых значений. Вместе с тем, в районе обслуживания поликлиники № 7 эти показатели были ниже, чем в целом по городу.

Проведенные исследования электрических и магнитных полей показали, что их показатели не превышают предельно допустимых уровней. Вместе с тем следует отметить, что на окраинах города в точках примыкающих к линиям электропередач, а также в самом городе на улицах с трамвайным и троллейбусным движением, отмечается значительное по сравнению с другими точками увеличение этих показателей.

Используя современные возможности ГИС был проведен анализ распределения физических полей в пределах города Владикавказа. Для этого на карту выносились данные, полученные в различных точках города. С помощью алгоритма IDW-интерполяции были построены распределения изучаемых полей в пределах рассматриваемой территории. Алгоритм IDW-интерполяции (взвешенной усредненной оценки) применяется к весьма неравномерно меняющимся исходным данным. Для таких типов данных возможно вычисление локального значения, которое не выводится статистически из исходных величин, но отражает закономерность размещения находящихся вблизи исходных значений. При IDW-интерполяции учитываются значения во всех исходных точках, лежащих в пределах заданного радиуса поиска вокруг узла сети (или указанном подмножестве). Значение признака в узле сети представляет собой сумму показателей в исходных точках, взятых с различными весами (коэффициентами). Чем дальше базовая точка лежит от узла сети, тем меньше ее влияние на значение в этом узле.

### **Определение уровня гамма-излучения**

Замеры уровня гамма-излучения были произведены в 126 точках города с помощью дозиметра гамма-излучения ДБГА-ОЧА. Показатели колебались в интервале 0,05-0,18 мкЗв/час при допустимых значениях 0,33 мкЗв/час. Наименьший показатель уровня гамма-излучения составил в районе обслуживания поликлиники № 70,09 мкЗв/час, а по городу 0,11 мкЗв/час (рис. 3).

Таким образом, население города Владикавказа подвергается воздействию гамма-излучения в пределах 0,05-0,18 мкЗв/час и при средней величине 0,11 мкЗв/час, что ниже предельно допустимого уровня.

### **Определение уровня электромагнитного излучения**

Для изучения электрических и магнитных полей в 126 точках города были проведены замеры этих величин (осуществлялись приборами – измеритель электрического поля ИЭП-05 и измеритель магнитного поля ИМП 05/1, 05/2). Показатели параметров электрических полей колебались в интервале от 190400 (В/м)  $2 \times ч$  при допустимом уровне 800 (В/м)  $2 \times ч$ , а магнитных полей в интервале от 0,2 до 0,7 (А/м)  $2 \times ч$  при допустимом значении 0,72 (А/м)  $2 \times ч$ . По районам обслуживания городских поликлиник и по городу в целом средние показатели параметров электрических и магнитных полей составили 9,57 и 0,23 соответственно (рис. 4-5), что также не превышает предельно допустимых уровней. Вместе с тем следует отметить, что на окраинах города, в точках примыкающих к линиям электропередач, а также в самом городе на улицах с трамвайным и троллейбусным движением, отмечается значительное по сравнению с другими точками увеличение этих показателей.

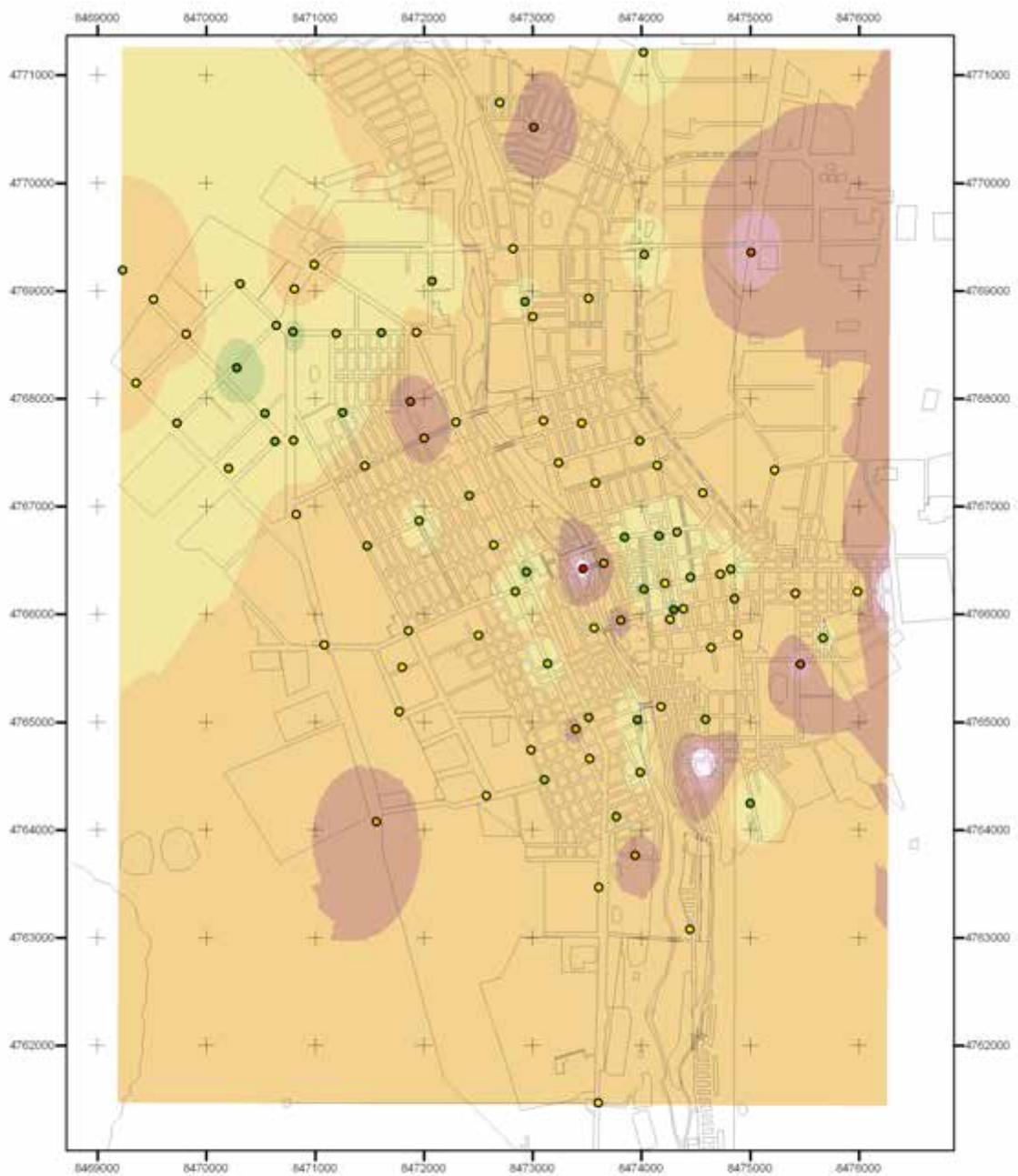


Рис. 3. Распределение уровня гамма излучения (мкЗв/час) зарегистрированного на территории г. Владикавказа

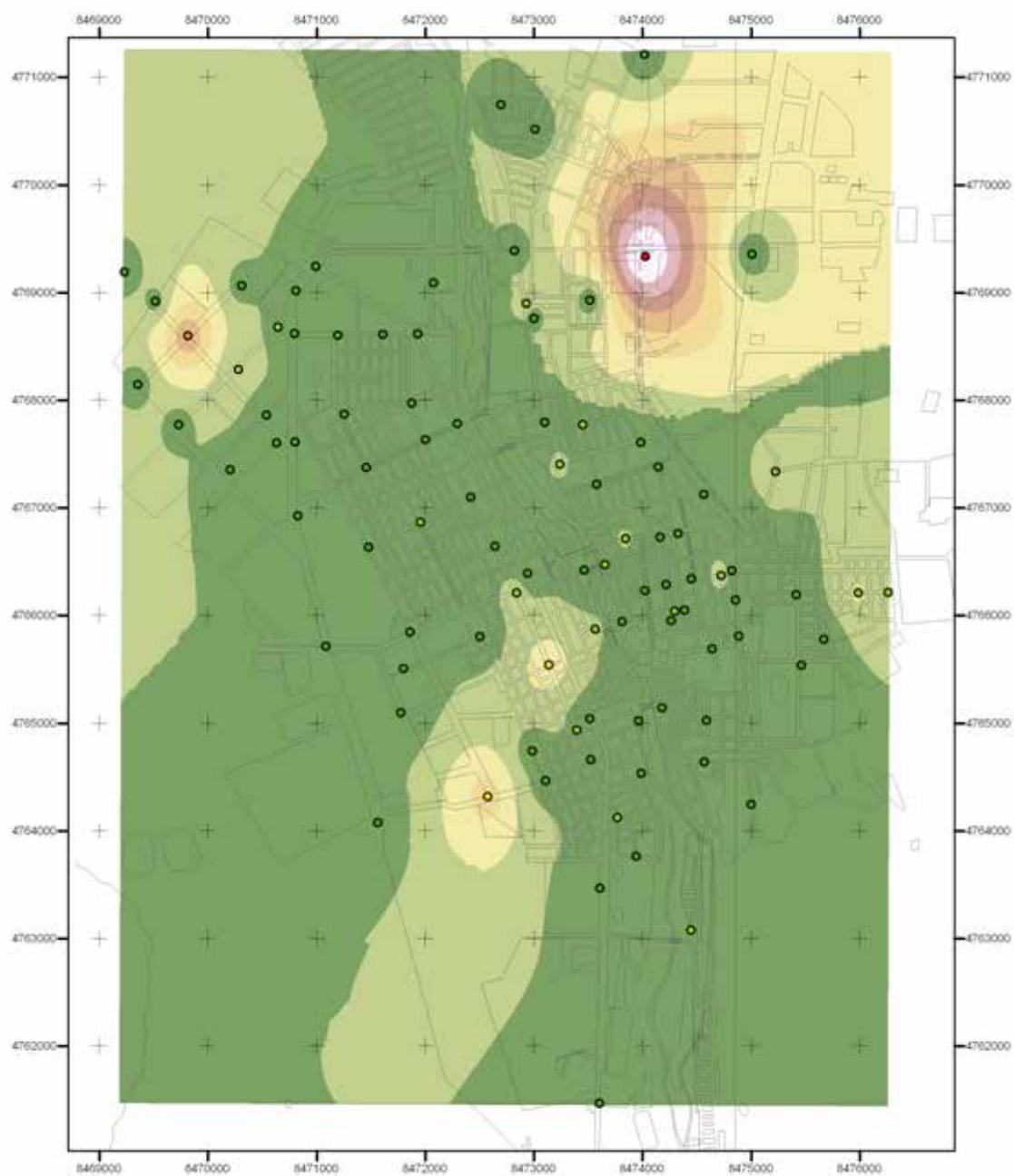


Рис. 4. Распределение уровня электрического поля ( (В/м) 2×ч) зарегистрированного на территории г. Владикавказа

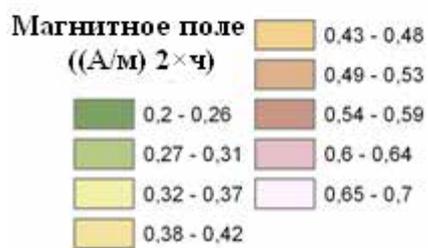
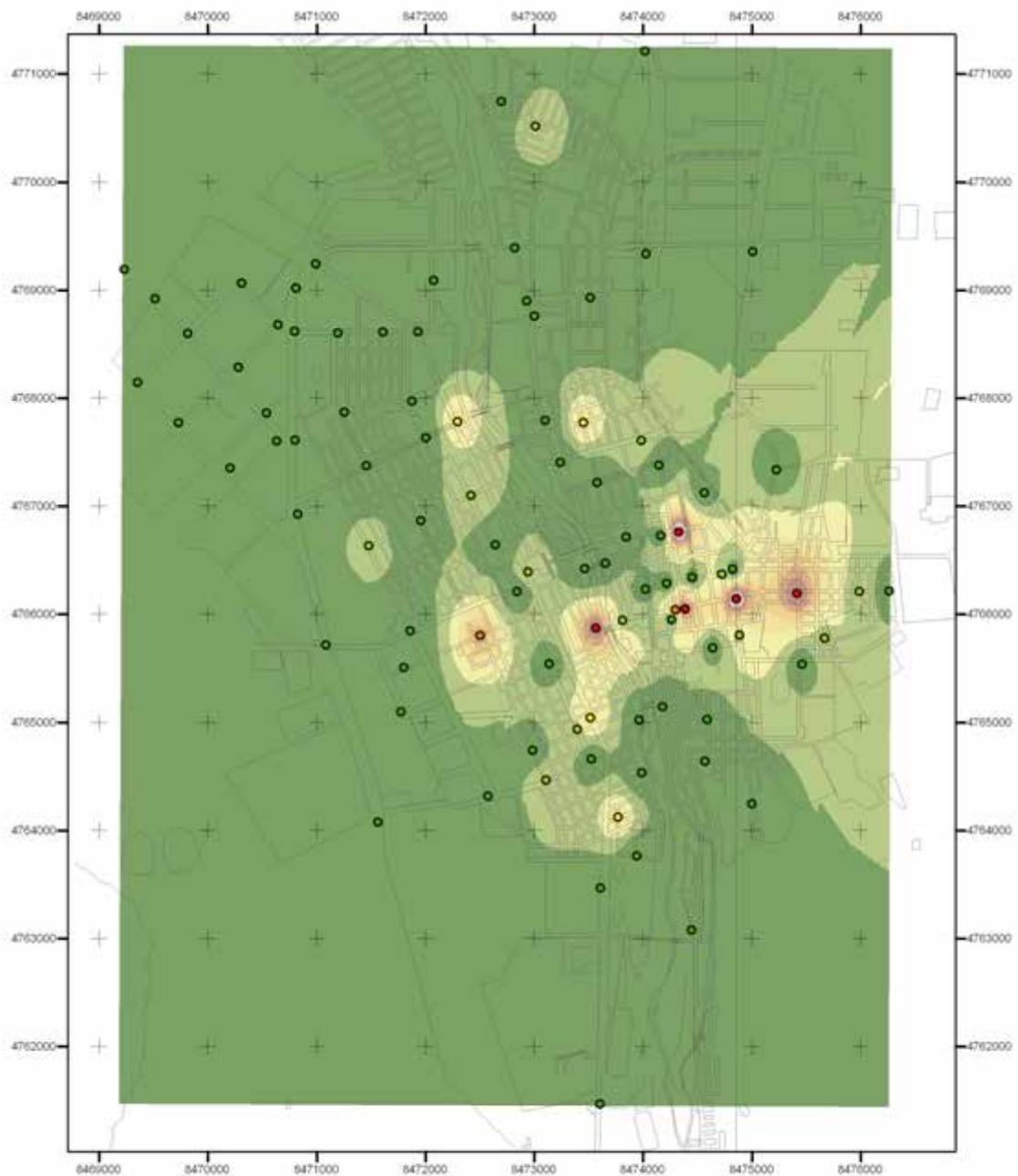


Рис. 5. Распределение уровня магнитного поля ((А/м) 2×ч) зарегистрированного на территории г. Владикавказа

### Выводы

1. Население города Владикавказа значительное время суток подвергается шумовому воздействию, выше допустимого уровня от 1 до 38 дБА.
2. Величины гамма излучения на территории города Владикавказа колеблются в интервале 0,05-0,18 мкЗв/час, что ниже допустимого значения 0,33 мкЗв/час.
3. Показатели параметров электрических и магнитных полей в изучаемых точках города не превышают предельно допустимых уровней. Вместе с тем в зонах, примыкающих к ЛЭП, а также на городских улицах с трамвайным и троллейбусным движением отмечается значительное по сравнению с другими точками увеличение этих показателей.
4. Почти во всех взрослых поликлиниках идет рост общей заболеваемости, сопровождающийся ростом показателей новообразований, болезней крови и кроветворных органов, глаза и уха, органов дыхания, пищеварения, мочеполовой системы, нервной системы.
5. В трех из пяти детских поликлиник города отмечается рост общей детской заболеваемости. Детская и подростковая заболеваемость характеризуется увеличением показателей новообразований, врожденных аномалий, болезней органов дыхания, крови и кроветворных органов, мочеполовой и эндокринной систем.
6. Вышеотмеченные показатели заболеваемости взрослого и детского населения города Владикавказа в соответствии с отдельными литературными данными могут рассматриваться как последствие негативного влияния изучаемых экогеофизических факторов внешней среды.

### Заключение

Таким образом, полученные результаты и имеющиеся литературные данные позволяют предположить, что экогеофизические факторы окружающей среды могут негативно влиять на показатели заболеваемости населения г. Владикавказа.

Результаты проведения исследования влияния экогеофизических факторов на состояние здоровья населения города Владикавказа показывают, что население города на различных участках города в разной степени подвергается воздействию негативных факторов внешней среды, а среди показателей заболеваемости отмечены рост новообразований, врожденных аномалий, болезней крови и кроветворных органов, различных органов и систем человеческого организма.

Для более достоверных выводов и заключений необходимо провести специальное комплексное исследование с более детальным и более углубленным по времени (не менее 5 лет) исследованием показателей здоровья взрослого и детского населения, а также увеличением числа точек исследования и количества изучения экогеофизических факторов внешней среды. На основе полученных данных с помощью метода медико-экогеофизического районирования можно будет установить, как влияют факторы внешней среды на состояние здоровья населения.

### Литература

1. Бериев О. Г. О создании медико-экологического атласа города Владикавказа // Вестник МАНЭБ. – 1999. – № 8 (13). – С. 19-20.
2. Бериев О. Г. Шумовое загрязнение города Владикавказа // Вестник МАНЭБ. – 1999. – № 8 (13). – С. 20-21.

3. Бериев О.Г. Влияние геофизических аномалий на развитие функциональных изменений и болезней в организме человека // Труды Международной научно-практической конференции «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа». – Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2008. – С. 101-107.
4. Бериев О.Г. Медико-экологическая оценка состояния здоровья населения города Владикавказ с учетом геолого-геофизических факторов // Труды Международной научно-практической конференции «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа». – Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2008. – С. 333-335.
5. Григорьев Ю.Г. (ред.) Электромагнитные поля и здоровье человека. – М.: РУДН, 2002. – С. 36-37.
6. Дубров А.П., Мейзеров Е.Е. Геофизические аномалии и здоровье населения. Итоги и перспективы развития традиционной медицины в России. Сб. материалов научной юбилейной конференции. Ред. Карпеев А. А. – М.: ФНКЭУТМДЛ МЗ РФ. – С. 14-19.
7. Bersani F. (Ed) Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. – New York: Kluwer Acad./Plenum Pubi, 1999.

## INFORMATIONAL MONITORING OF DISTRIBUTED PHYSICAL FIELDS WITHIN THE URBANIZED TERRITORIES

© 2013 V. B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., O. G. Burdzieva, Sc. Candidate (Geogr.), T. V. Zaks, Sc. Candidate (Med.), A. S. Kanukov

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

The effect of environmental factors on the health of the population in the city of Vladikavkaz is investigated. Data were analyzed using method of medical-ecological-geophysical zoning in areas covered by urban clinics. Measurements of the gamma-radiation level, and also measurements of the electrical and magnetic field values were made in 126 points of the city.

**Keywords:** gamma-radiation, electromagnetic field, ecological-geophysical environmental factors.

УДК 550.34

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ БАЗЫ ДАННЫХ СИЛЬНЫХ ГРУНТОВЫХ ДВИЖЕНИЙ

© 2013 В. Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф., К. С. Харебов, к.т.н., А. К. Харебов

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

В работе рассмотрена зависимость частотных характеристик от магнитуды вблизи эпицентра события и вдали от него на основе инструментальных записей землетрясений системы KNET с мая 1996 г по декабрь 2012 г.

**Ключевые слова:** Землетрясения, сильные грунтовые движения, KNET, эпицентр.

Исследование взаимных зависимостей параметров сильных грунтовых движений проводилось с помощью базы данных сильных грунтовых движений [Заалишвили, Харебов, 2007], разработанной на основе инструментальных записей KNET [Kinoshita, 2003]. Данные содержат: время события и время начала записи, географические координаты события и станции, глубину очага, магнитуду, код станции, продолжительность записи, запись ускорений с частотой 100 Гц для трех каналов NS, EW, UD. Данные включают в себя файлы, с экспериментально измеренными параметрами грунтов для всех станций до глубины 20 м: коэффициент пенетрации, скорость продольных и поперечных волн в грунте, плотность грунта, вид грунта – гравий, песок, ил, почва, глина, торф и скала. Имеются графические изображения указанных инженерно-геологических разрезов. При этом необходимо отметить, что указанные инженерно-геологические разрезы описывают строения участков расположения соответствующих сейсмических станций, представляющих густую сеть регистрационной системы сильных грунтовых движений. В настоящее время база содержит все записи (около 11 тысяч) с интенсивностью MSK от 5 баллов и выше начиная с мая 1996 г по 2012 г включительно. Также в базе данных содержатся записи с эпицентрными расстояниями от 0 до 3 км включительно при любой интенсивности.

Целью работы было исследование зависимости частотных характеристик от магнитуды. Вначале были рассмотрено распределение частотных параметров на близких и далеких эпицентральных расстояниях. В нашем исследовании мы рассматриваем события с расстоянием до эпицентра менее 3 км. Эти события с большой степенью вероятности мы можем назвать произошедшими в эпицентре землетрясения. Мы исследовали 462 записи с эпицентрными расстоянием до 3 км. Распределение частот имеет нормальный вид.

Для далеких эпицентральных расстояний диапазон частот максимума спектра Фурье составляет от 0 до около 18 Гц. Среднее значение частоты максимума спектра Фурье составляет 4,2 Гц. Гистограмма распределения частот показана на рис. 1а. Аналогичные результаты для эпицентральных расстояний до 3 км представлены на рис. 1б. Отметим, что спектр Фурье в данном случае начинается от 1,32 Гц.

Среднее значение частоты максимума спектра Фурье составляет 8,3 Гц, т. е. почти в два раза выше, чем вдали от эпицентра.

На рис. 2 представлены результаты исследования по средневзвешенной по спектру Фурье частоты. Для далеких эпицентральных расстояний диапазон средневзвешенной по спектру Фурье частоты составляет от 0 до около 16 Гц. Среднее значение средневзвешенной по спектру Фурье частоты составляет 7,5 Гц. Гистограмма распределения частот показана на рис. 2а. Аналогичные результаты для эпицентральных расстояний до 3 км представлены на рис. 2б. Отметим, что спектр Фурье в данном случае начинается от 6,07 Гц. Среднее значение средневзвешенной по спектру Фурье частоты составляет 12,6 Гц, т. е. почти в полтора раза выше, чем вдали от эпицентра.

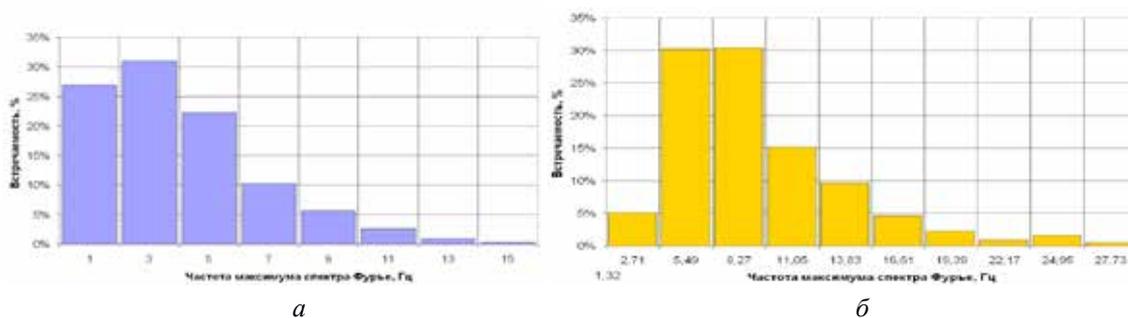


Рис. 1. Гистограмма частоты максимума спектра Фурье при эпицентральных расстояниях более 3 км (а), и менее 3 км (б).

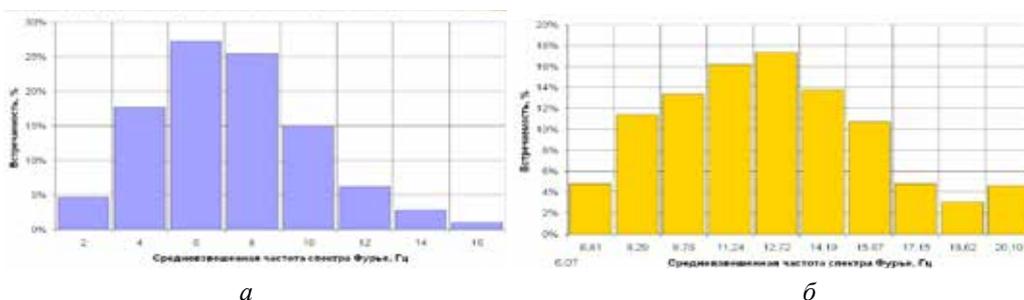


Рис. 2. Гистограмма средневзвешенной по спектру Фурье частоты при эпицентральных расстояниях более 3 км (а), и менее 3 км (б).

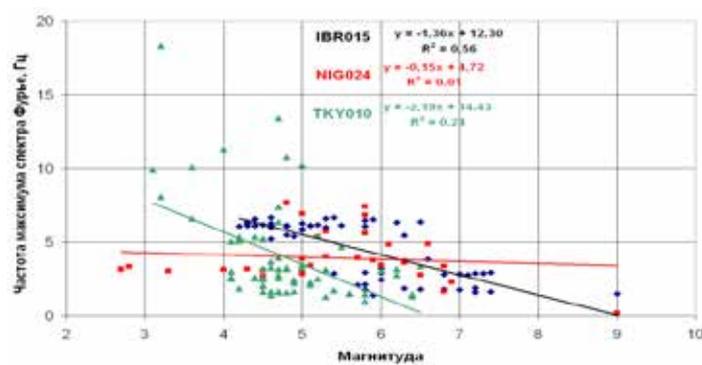
Среди записей вблизи источника, с эпицентральным расстоянием менее 3 км были выбраны станции с максимальным количеством соответствующих записей: IBR015, NIG024, ТКУ010. Грунтовые характеристики этих станций приведены в табл. 1.

Была рассмотрена зависимость частотных характеристик на этих станциях от магнитуды. Характер зависимости частоты максимума спектра Фурье от магнитуды представлен на рис. 3. Четко прослеживается линейный характер связи. С увеличением магнитуды частота максимума спектра Фурье спадает.  $R^2$  достаточно значимый. На больших расстояниях от источника представляют интерес две точки (1,5 Гц для IBR015 и 0,2 Гц для NIG024) на рис. 3а за соответствующие катастрофическому 9-ти балльному землетрясению 11 Марта 2011 г. На рис. 3а накладывается еще и зависимость от эпицентрального расстояния, с увеличением которого частоты спадают. А вот вблизи эпицентра (рис. 3б) подобная зависимость является достаточно «чистой» – на нее не накладывается влияние эпицентрального расстояния.

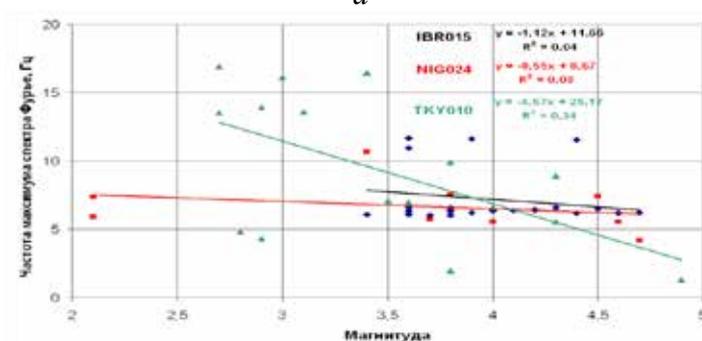
Таблица 1

## Параметры грунтов станций

Станция	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	V <sub>p</sub> , м/с	V <sub>s</sub> , м/с	Категория СНИП	Строение грунта
IBR015	1780	1457	209	3	До 2,2 – Fill soil, 2,2-4,2 – торф, 4,2-14,5 – песок, 14,5-16,6 – silt, ниже 16,6 – песок
NIG024	1880	1497	374	2	До 0,4 – насыпь, 0,4-1,6 – почва, 1,6-8 – гравелистый грунт, 8-9 – глина, Ниже 9 – скала
ТКУ010	1660	709	223	2	До 0,15 – поверхностный слой, 0,15-16,8 – песок, Ниже 16,8 – гравий



а



б

Рис. 3. Зависимость частоты максимума спектра Фурье от магнитуды при эпицентральных расстояниях более 3 км (а), и менее 3 км (б).

Результаты по станции ТКУ010 показывают, что при увеличении эпицентрального расстояния угол наклона кривой зависимости частоты максимума спектра Фурье от магнитуды уменьшается, так же как и R<sup>2</sup>. Результаты по станции IBR015 показывают, что частота максимума спектра Фурье с расстоянием спадает. А вблизи эпицентра – эта величина практически постоянна (в пределах 3 км). Результаты по станции NIG024 показывают практическое отсутствие зависимости.

Характер зависимости средневзвешенной частоты спектра Фурье от магнитуды представлен на рис. 4. Так же как и на рис. 3, прослеживается линейный характер связи. С увеличением магнитуды средневзвешенной частоты спектра Фурье

спадают. На больших расстояниях от источника представляют интерес две точки (5 Гц для IBR015 и 3 Гц для NIG024) на рис. 4а соответствующие катастрофическому 9-ти балльному землетрясению 11 Марта 2011 г. На рис. 4а накладывается зависимость от эпицентрального расстояния, с увеличением которого частоты спадают. Вблизи эпицентра (рис. 4б) на нее не накладывается влияние эпицентрального расстояния.

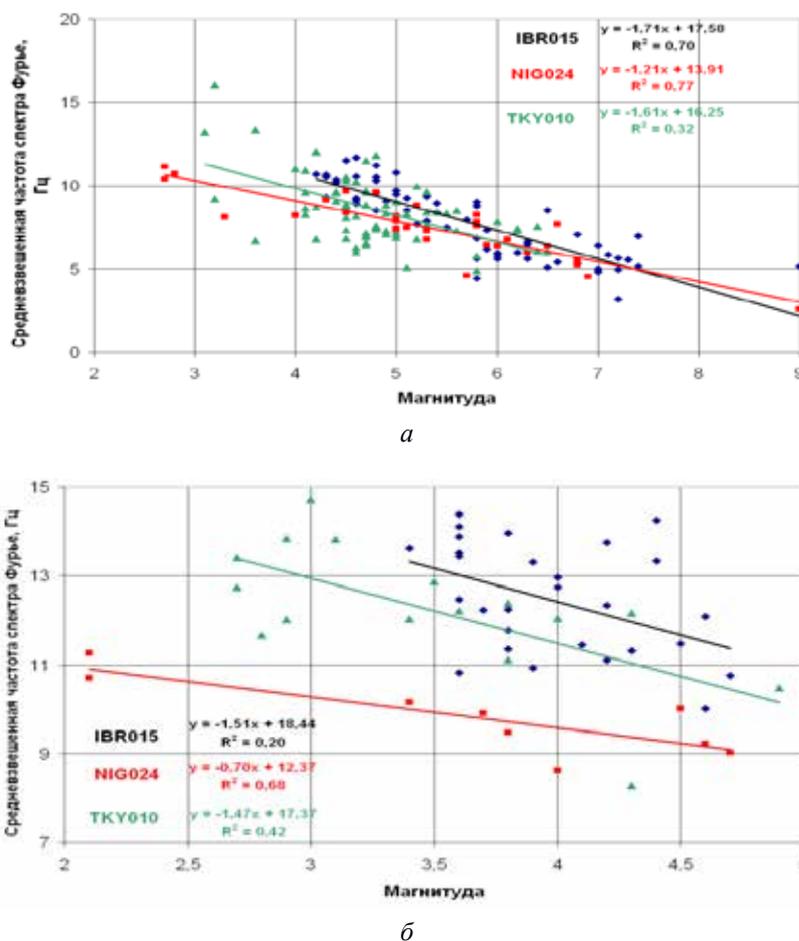
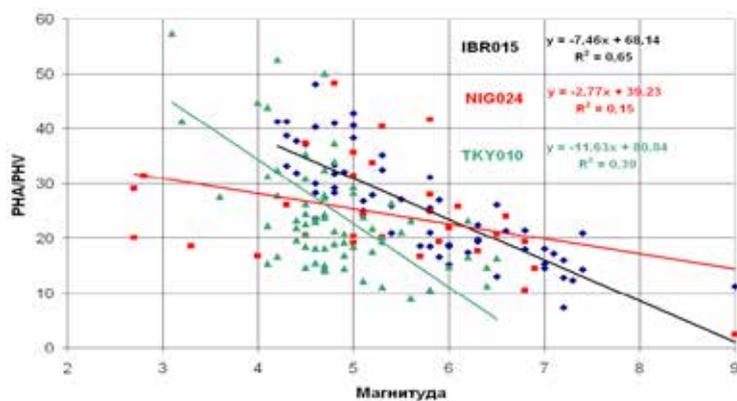


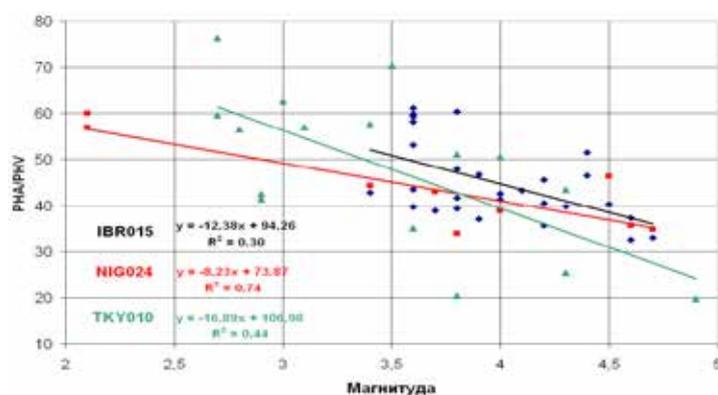
Рис. 4. Зависимость средневзвешенной частоты спектра Фурье от магнитуды при эпицентральных расстояниях более 3 км (а), и менее 3 км (б).

Результаты по станции ТКУ010 показывают, что характер зависимости частоты максимума спектра Фурье от магнитуды практически не меняется как вблизи, так и вдали от эпицентра, так же как и R2. Результаты по станциям IBR015 и NIG024 показывают поведение, аналогичное станции ТКУ010.

Также было исследовано отношение пикового горизонтального ускорения к пиковой горизонтальной скорости, имеющего размерность частоты (рис. 5). Так же как и на рис. 3 и 4, прослеживается линейный характер связи. С увеличением магнитуды отношение пиковых горизонтальных ускорения к скорости спадает. На больших расстояниях от источника представляют интерес две точки (2 Гц для IBR015 и 12 Гц для NIG024) на рис. 5а соответствующие катастрофическому 9-ти балльному землетрясению 11 Марта 2011 г. На рис. 5а накладывается зависимость от эпицентрального расстояния, с увеличением которого частоты спадают. Вблизи эпицентра (рис. 5б) на нее не накладывается влияние эпицентрального расстояния.



а



б

Рис. 5. Зависимость отношения пиковых горизонтальных ускорения к скорости от магнитуды при эпицентральных расстояниях более 3 км (а), и менее 3 км (б).

Результаты по станции NIG024 показывают, что при увеличении эпицентрального расстояния угол наклона кривой зависимости отношения пиковых горизонтальных ускорения к скорости от магнитуды уменьшается, так же как и  $R^2$ . Результаты по станциям IBR015 и TKY010 показывают, что отношение пиковых горизонтальных ускорения к скорости с расстоянием спадает.

### Заключение

Из вышеизложенного следует, что частоты вблизи источника всегда выше, чем в отдалении от него. Зависимость частот от магнитуды имеет линейный характер, который вероятнее всего зависит от свойств грунтов. Это и является первоочередной задачей дальнейших исследований.

### Литература

1. Заалишвили В.Б., Харебов А.К. Базы данных сильных движений и взаимосвязь показателей движения при землетрясениях. Современное состояние и пути развития юга России. Ростов-на Дону: Изд. ЮНЦРАН, 2007, с.455-461.
2. Kinoshita S. Kyoshin Net (K-NET), Japan. Int. Handbook of Earthquake and Engineering seismology, v. 81B, 2003, pp.1049-1056.

## **STATISTICAL ANALYSIS OF PARAMETERS OF STRONG GROUND MOTIONS DATABASE**

**© 2013 V. B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., C. S. Kharebov, Sc.  
Candidate (techn.), A. C. Kharebov**

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

The dependence of the frequency characteristics on magnitude near and away from the epicenter of the event on the basis of instrumental records of earthquakes (KNET system) from May 1996 to December 2012 are considered in present work.

**Keywords:** earthquakes, strong ground motions, KNET, epicenter.

УДК 504.4+624.131.1:551.252

## **ВЛИЯНИЕ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ВЫСОКОНАПОРНЫЕ ГЭС (НА ПРИМЕРЕ ЗАРАМАГСКИХ ГЭС, РСО-АЛАНИЯ)**

© 2013 Ю. И. Караев

Директор Северо-Кавказского инновационного центра «Устойчивое развитие горных территорий» Северо-Кавказского горнометаллургического института (государственного технологического университета) (СКГМИ (ГТУ)), ст. преподаватель кафедры экологии и кафедры геологии СКГМИ (ГТУ), Россия, 362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

В работе приводится характеристика опасных геологических процессов горных территорий Северного Кавказа и Северной Осетии. Дана характеристика их влияния на высоконапорные гидроэлектростанции. Предложены варианты решения выявленных проблем.

**Ключевые слова:** природные процессы, опасные геологические процессы, экзогенные и эндогенные геологические процессы, высоконапорные гидроэлектростанции.

Глобальные проблемы современности, связанные с изменением климата, энергетическими сооружениями, с проявлением опасных природных процессов, демографическими особенностями региона и т. д., с каждым годом требуют всё более пристального внимания. Одна из важнейших таких проблем – непрогнозируемые локальные и региональные изменения климата, нередко катастрофического характера. Они не только отрицательно влияют на жизнь и здоровье людей, но и способствуют резкому увеличению проявлений природных опасностей и рисков, в том числе и катастрофического уровня, а также участвовавшие негативные последствия их проявлений.

Указанные проблемы характерны и для горных стран, таких как Кавказ, куда входит описываемый район исследований – вся область влияния (площадь), в которую попадают гидроэнергетические сооружения комплекса Зарамагских ГЭС, Республика Северная Осетия-Алания (РСО-Алания). Территория республики, как и все горные территории, отличается от равнинных, как внешними признаками природных условий, так и своим глубинным строением – наличием следов проявлений тектоники и магматизма, опасными современными природными процессами, в том числе, и геологическими их разновидностями – оползнями, обвалами, селями, лавинами и т. д. Эколого-геологические функции верхней части литосферы [Трофимов, Зилинг, 2002] горных стран – ресурсная, геодинамическая, геохимическая, геофизическая – здесь проявляются на порядок интенсивней, чем на территориях равнинных областей. На единицу площади горные территории насыщены большим разнообразием и количеством ресурсов, динамических процессов, энергии и информации. Немаловажную роль играет вертикальная зональность, когда на небольшой по площади территории встречаются почти все природно-климатические зоны и условия со всеми характерными для них особенностями

ландшафта, климата, флоры, фауны и т. д. Горные территории, в силу указанных причин, являются кладовой чистого атмосферного воздуха и высококачественной воды, широкого спектра минеральных и биологических ресурсов, ландшафтного разнообразия и, в целом, обладают значительным потенциалом, в том числе и рекреационным.

Своеобразные природные условия РСО-Алания породили здесь уникальные исторически сложившиеся социальные, этнические, культурные и экономические условия и традиции. На эти условия и традиции отрицательно сказываются экономические, экологические и социальные проблемы последних десятилетий. Это при том, что при любом вмешательстве они требуют особого подхода, как для сохранения, так и для дальнейшего их развития.

Всё вышесказанное в полной мере относится и к такому важному хозяйственному комплексу, которым является энергетика и, в частности, гидроэнергетика.

Проблемы взаимного влияния опасных экзогенных геологических процессов и гидроэнергетических сооружений стали актуальными не только для энергетики в целом, но и для территории РСО-Алания с момента возобновления строительства Зарамагских ГЭС в Алагирском районе на реке Ардон. Кроме этого крупного для республики энергетического объекта на территории Ирафского района планируется и с перерывами ведется не первый уже год строительство каскада малых ГЭС на реке Урух [Хузмиев, 2007].

### **Опасные геологические процессы Северного Кавказа**

Расположение горных и предгорных территорий в зоне альпийской тектономагматической активизации Большого Кавказа, характеризующейся наличием высокой сейсмичности, активных вулканов и интенсивными геодинамическими процессами, определило широкое развитие здесь опасных геологических процессов (ОГП). Последние представлены на территории Северного Кавказа разными генетическими типами: землетрясения, лавины, оползни, обвалы, сели и пр. Их воздействие на объекты экономики и населённые пункты, нередко, сопровождается человеческими жертвами, а экономический ущерб исчисляется миллиардами рублей.

Климатические изменения, происходящие в последние годы, существенно повлияли на увеличение интенсивности и частоты проявления ОГП, особенно экзогенных геологических процессов (ЭГП). Населённые пункты, объекты экономики и элементы инфраструктуры жизнеобеспечения (дороги, ЛЭП, связь, продуктопроводы и т. д.), благополучно просуществовавшие продолжительное время вне досягаемости воздействия этих процессов, сегодня оказываются в зоне поражения и/или влияния.

Активно развивающиеся эндогенные геологические процессы (сейсмика, вулканы), которые и сами являются весьма опасными и всепоражающими процессами с огромной разрушительной силой (несмотря на то, что проявляются они редко, эпизодически), многократно усиливают проявление и негативное воздействие опасных проявлений экзогенных геологических процессов (ЭГП) [Караев, 2007].

Горная система Большого Кавказа постоянно испытывает вертикальные перемещения, которые составляют, в среднем, 2-3 мм в год, а отдельные, наиболее активные блоки, перемещаются со скоростью 12-15 мм в год и при этом создаются огромные напряжения в скальных массивах, разрядка которых приводит к землетрясениям и обвалам.

По данным специализированных научно-исследовательских институтов (ИГЕМ РАН, ОИФЗ РАН, ИВГГ ДВНЦ РАН и др.) на Северном Кавказе имеются два активных вулкана, извергавшихся в историческое время – Эльбрус (последнее извержение по данным ИГЕМ РАН происходило 1800 лет назад) и, предположительно, Казбек. У автора есть определённые сомнения по поводу того, что разные исследователи датируют последнее извержение Казбека в пределах 3000-7000 лет.

Среди ЭГП, в условиях горных и предгорных территорий, наиболее опасными по непредсказуемости и катастрофичности воздействия являются прорывы подпрудных водонакопителей, возникающие вследствие перекрытия русел рек селевыми и оползневыми отложениями.

Селевые потоки, порождающие, в том числе и подпрудные водонакопители, наносят наибольший ущерб объектам экономики и населённым пунктам. В горной части региона их тысячи, причём разной генетики, морфологии и объёмов разового выброса твёрдой составляющей.

Оползневому воздействию на Северном Кавказе подвержены зоны Главного, Бокового, Скалистого, Пастбищного, Лесистого, а также Передовых хребтов. Общее количество оползней исчисляется многими тысячами. Площади отдельных наиболее крупных оползней достигают нескольких квадратных километров с захватом перемещающихся масс более 100 м на глубину (Луарский, Тарки-Тау, Дылым и др.).

Трагические события 20 сентября 2002 г. на территории РСО-Алания показали, что на территории Кавказа проявился «новый» вид ОГП – газодинамический выброс ледника Колка [Бергер, 2006] с катастрофическими последствиями.

Не может не настораживать тот факт, что даже при предварительном анализе территории горной части Северного Кавказа (и не только) можно выделить не один участок с условиями формирования подобными условиям формирования катастрофы на леднике Колка.

### **Инновационные методы исследования природных процессов**

Даже приведенная краткая характеристика ОГП и последствий их проявлений, в том числе и катастрофических, говорит о необходимости серьёзного подхода к изучению генезиса и динамики ОГП для предупреждения или минимизации их негативного воздействия на объекты экономики, инфраструктуру и население.

Проблемой совершенствования методики сбора, обработки, использования и хранения информации о природных процессах, в том числе и об ОГП с применением самых современных и в то же время доступных технических средств автор занимается с 1998 г. [Бритаев и др., 1998].

Опыт исследований в этом направлении показал, что материалы таких инновационных подходов, как дистанционные методы исследований – аэросъёмка с использованием ГИС-технологий – позволяют получать значительную часть из необходимых данных для изучения генезиса, прогноза динамики развития и предупреждения ОГП.

Дистанционные методы исследования ОГП основываются на оперативном сборе привязанной к местности с помощью GPS-приёмника (или его аналога) датированной цифровой аэрофото- и аэровидеоинформации (ЦАФИ, ЦАВИ) по зарождению, развитию, динамике, активизации (и последствиям этой активизации)

ОГП с использованием авианосителей (в том числе лёгких, малых и беспилотных летательных аппаратов). При необходимости, ЦАФС или ЦАВС комплексируется с обычными плановыми, перспективными и/или синхронными планово-перспективными аэрофотосъёмками (АФС), при этом есть широкие возможности менять масштабы съёмки, увеличивая их разрешающую способность. Получаемая информация вводится в ходе съёмки (или сразу после съёмки) в компьютер и может обрабатываться, копироваться или транслироваться, в зависимости от цели съёмки (решаемых задач), возможностей конкретного авианосителя и комплекта размещённой на нём съёмочной аппаратуры.

ЦАВС и ЦАФС обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционной АФС: получаемый материал в 1,5-2 раза дешевле и пригоден для непосредственной компьютерной обработки (коррекция изображения, снятие дымки, трансформирование, транслирование и т. д.) [Гончаренко и др., 2001]. Возможен оперативный и многократный просмотр материала и получение твёрдых цветных изображений (копий) на принтерах без химико-фотографического процесса, возможно также создание или пополнение баз данных, использование материалов съёмки в ГИС-системах, тиражирование информации на любые цифровые носители и т. д.

Использование современных и усовершенствованных технических средств и инновационных технологий в области дистанционных методов исследований позволяет существенно сократить время на изучение ОГП и заметно уменьшить их стоимость.

### **Опасные экзогенные геологические процессы района Зарамагских ГЭС**

Физико-географическая характеристика. Зарамагские ГЭС строятся на реке Ардон на территории Алагирского района РСО-Алания.

Река Ардон, на которой расположен комплекс ГЭС, образуется при слиянии рек Мамисондон и Нардон. Она берёт своё начало в ледниках Главного Кавказского хребта и является левым притоком р. Терек. Протяженность реки 83 км, площадь водосбора – 1625 км<sup>2</sup>, в т. ч. в створе Головного гидроузла – 552 км<sup>2</sup>.

Южная часть бассейна реки (верховья) представляет собой типичную горную сильно расчленённую местность с густой разветвлённой речной сетью и высокой водностью. Северная её часть представляет пологонаклонную, равнинную местность с низкой водностью.

Около 45% площади водосбора р. Ардон расположено на высотах более 2000 м над уровнем моря.

Непосредственно на участке размещения основных сооружений гидроузла река Ардон протекает по Кассарскому ущелью, прорезая гранитный массив Бокового хребта и образуя глубокую теснину, протяжённостью 10 км, шириной по дну 20-40 м, с крутыми, часто отвесными, склонами высотой 600-800 м.

Геология и гидрогеология. Водохранилище Зарамагских ГЭС расположено в пределах Зарамагской котловины (зона южных сланцевых депрессий), сложенной глинистыми породами циклаурской свиты нижнеюрского возраста, интенсивно дислоцированными и осложненными зонами дробления и трещиноватости разрывных структур (Южный Адайком-Казбекский разлом, Цесский надвиг, Северный Нарский разлом и др.) [Энна и др., 1988].

Рыхлые отложения представлены фрагментарным склоновым делювием, пролювиальными конусами, мощными (до 45 м) аллювиальными отложениями, слагающими пойму реки Ардон, а также ледниковыми отложениями.

По бортам водохранилища проходят трасса Транскавказской автомобильной магистрали (ТрансКАМ) и автодорога в Мамисонском ущелье (Военно-Осетинская дорога). По западному борту водохранилища проложен газопровод Дзуарикау-Цхинвал.

Экзогенные геологические процессы. В районе широко развиты экзогенные геологические процессы, что связано с особенностями климата, геоморфологией, геологическим строением и техногенным воздействием объектов экономики [Агибалова, 1985].

Наибольшее распространение здесь имеют *оползневые процессы*. К настоящему времени в районе строительства ГЭС, в основном, по периферии водохранилища выявлено 11 оползней площадью от 1 до 50 га и объемом от 50 тыс. м<sup>3</sup> до 25-30 млн. м<sup>3</sup>, основная часть которых находится в стадии временной стабилизации.

Большой Даллагкауский оползень имеет объем 28 млн. м<sup>3</sup> и незначительный запас устойчивости. Активность оползня выражается периодическим развитием трещинных деформаций на отдельных участках оползневого тела и смещением оползневых масс со скоростью от нескольких см до 1 м в год при некоторой тенденции ее возрастания в 2004-2006 гг. Аналогичную опасность представляет и находящийся выше по реке Малый Даллагкауский оползень, требующий доизучения.

Периодическая активность, связанная, как правило, с длительными осадками, наблюдается на оползнях Мсита, Калм, расположенных в непосредственной близости от плотины, ниже по реке. Оползни приурочены к зоне Южного Адайком-Казбекского разлома, их фронтальные части практически примыкают и разделены только руслом р. Ардон. Значительное смещение одного из них ведет к размыву фронтальной части другого и может спровоцировать его активизацию с угрозой создания подпруды в районе сооружений, расположенных ниже плотины.

Аналогичная ситуация наблюдается на Нарском оползне, расположенном в районе автомобильного пункта пропуска таможни «Верхний Зарамаг» и находившегося в стадии активизации в начале 90-х гг.

Коэффициенты устойчивости этих оползней также незначительно превышают единицу, а при сильном увлажнении (более 20%) и при сейсмолотчках, превышающих 6 баллов, могут резко изменяться.

Устойчивость остальных оползней не оценивалась из-за недостаточной изученности.

Другим распространенным типом ЭГП являются *селевые потоки*. В районе водохранилища Зарамагских ГЭС по прямым и косвенным признакам зарегистрировано 7 селевых очагов.

Наиболее крупным из них является Адайкомский селевой очаг, представленный серией селевых рытвин в мореных отложениях с боковой подпиткой по транзиту за счет оползневых явлений. Максимальный расчетный объем выброса – 50 тыс. м<sup>3</sup>, фактический (1987 г.) – достигал 30-40 тыс. м<sup>3</sup>. Усиление мощности селевого выброса происходит за счет формирования и прорыва временных подпруд в нижнем течении р. Адайком. Селевые выбросы по р. Адайком будут происходить непосредственно в водохранилище, в 0,4 км выше плотины. Из остальных селевых очагов заслуживают внимания Сататский, Царгасский и Варце-донский. Эти очаги

слабо изучены, однако, косвенные признаки свидетельствуют об их активности в прошлом, а потенциальные (расчетные) объемы разовых выбросов оцениваются в 30-50 тыс. м<sup>3</sup>.

*Обвально-осыпные процессы* значительного площадного распространения в районе не имеют.

Активность обвально-осыпных процессов невысокая, мощность коллювиальных отложений на участках, примыкающих к водохранилищу, небольшая. Участки техногенной отсыпки имеются в низовом откосе ТрансКАМа, причем базисом осыпания на некоторых интервалах являются высокая пойма или первая надпойменная терраса р. Ардон, которые будут затоплены при заполнении водохранилища.

*Эрозионные и аккумулятивные процессы* в районе водохранилища в настоящее время (т. е. до его заполнения) имеют незначительное распространение. Некоторый всплеск их активности наблюдался в 80-90-х гг. прошлого столетия и был связан с последствиями техногенного воздействия на русловые потоки при строительстве ТрансКАМа (оттеснение русла на незащищенном участке берега, отсыпка обломочного материала в пойму реки и т. п.). К настоящему времени ситуация стабилизировалась как естественным путем, так и за счет инженерной защиты. Негативное воздействие эрозии наблюдается только на отдельных участках фронтальных частей некоторых оползней.

Строительство объектов Зарамагских ГЭС значительно увеличат техногенную нагрузку на геологическую среду (ГС). Это, безусловно, повлияет на активность ЭПП в местах техногенного воздействия. Примером является формирование Ардонского (Нузальского) оползня в районе дороги на бассейн суточного регулирования (БСР), имеющего техногенную природу (глубокая многократная подрезка рыхлообломочного склона дорожными выемками).

Наиболее существенное воздействие на развитие опасных геологических процессов может оказать заполнение водохранилища.

Большая статическая нагрузка, как правило, ведет к увеличению порового давления в породах и прогибу дна, что ухудшает сейсмогеологические условия и увеличивает сейсмичность участка, следствие чего, активизируются гравитационные процессы, в т. ч. крупные оползни [Рогожин, 1997].

Изменение режима подземных вод (в т. ч. подпор грунтовых вод) и сопутствующие им гидродинамические эффекты, связанные с колебаниями уровня воды в чаше водохранилища, способствуют развитию оползневых процессов на склонах с рыхлообломочными отложениями в пределах сотен метров от водохранилища и повышению скорости процессов выветривания и разрушения коренных пород.

Затопление значительных участков рыхлообломочных склонов ранее находившихся в зоне аэрации, ухудшает их прочностные свойства и ведет к снижению устойчивости склонов, вызывая формирование *обвально-осыпных и оползневых процессов*.

Наиболее опасными последствиями воздействия на геологическую среду после заполнения водохранилища могут стать следующие:

- 1) замачивание фронтальной части оползней, оказавшихся в зоне затопления (Большой и Малый Даллагкауские, Нижнее-Зарамагский, Зругский и др.) при НПУ 1730 м. Коэффициент устойчивости этих оползней после затопления существенно (на 10-20%) снизится, а вероятность схода соответственно увеличится. Сход этих оползней в водохранилище чреват не только резким повышением уровня воды и

формированием волн прорыва, превышающих расчетную величину, но и ускоренным накоплением наносов на дне водохранилища. Кроме того, при крупном смещении Большого Даллагкауского оползня возможно полное перекрытие и создание подпруды на р. Мамисондон в верхней части водохранилища. Прорыв этой подпруды может создать серьезную угрозу для плотины;

2) затопление основания насыпного низового откоса ТрансКАМа на участках, где трасса проложена по схеме «полувыемка-полунасыпь». Водонасыщение насыпных грунтов может привести к отсадке низового откоса, формированию осовов и, в конечном счете, к деформациям и разрушению дорожной полки магистрали на значительном протяжении;

3) строительство плотины и заполнение водохранилища приведет к изменению местного базиса эрозии рр. Ардон, Закка и Мамисондон, что повлияет на гидрогеологический режим рек и может изменить ход эрозионно-аккумулятивных процессов. В частности, возможно перераспределение русловых потоков в пойме, появление новых участков эрозии. Выше водохранилища следует ожидать усиления процессов аккумуляции с постепенным поднятием отметки поймы на значительном протяжении вверх по рекам. Процесс поднятия дна ведет к увеличению отметок уровня воды при паводках, что может значительно снизить эффективность имеющихся берегозащитных сооружений, как это наблюдалось в районе Нузальской подстанции и моста через р. Садон после выноса больших масс рыхлообломочного материала селевыми потоками в 2002 г.

### **Краткая характеристика подземных вод района**

Гидрогеологические условия района обусловлены морфологией рельефа, климатическими особенностями и геолого-литологическим строением района.

Формирование подземных вод рассматриваемой территории тесно связано с обширной водосборной площадью бассейна р. Ардон, в пределах которой имеются многочисленные ледники, фирновые и снежные поля, являющиеся основным источником питания многочисленных малых рек. При этом большая часть атмосферных осадков инфильтруется через трещины и поры вглубь горных пород, образуя подземные воды. В дальнейшем часть этих подземных вод разгружается в долинах рек, тальвегах балок и других отрицательных формах современного рельефа.

Исходя из особенностей геолого-литологического строения территории, а также наличия фактической гидрогеологической информации, полученной при производстве инженерно-геологических работ, представляется возможным выделить несколько следующих водоносных горизонтов:

- водоносный, современный аллювиальный горизонт;
- локально-водоносный современный горизонт склоновых отложений;
- водоупорная локально-водоносная преимущественно сланцевая толща нижней юры.

*Водоносный, современный аллювиальный горизонт* ( $aQ_{IV}$ ) распространен в виде пласта-полосы в долине р. Ардон, протягивающейся с юга на север, слагая ее пойменную часть, представляющую собой типичную, переуглубленную речную долину.

*Локально-водоносный современный горизонт склоновых отложений* ( $dpQ_{IV}$ ) распространен крайне неравномерно.

В пределах рассматриваемой территории, на которой коренные породы, преимущественно представлены глинистыми сланцами, обычно обломочный материал склонов обводнен только в зонах крупных тектонических нарушений, где нередко образуются отрицательные формы рельефа, дренирующие поверхностный сток и атмосферные осадки. При этом на отдельных участках склонов наличие подземных вод в склоновых отложениях вызывают процессы оползнеобразований.

*Водоупорная локально-водоносная преимущественно сланцевая толща нижней юры* представлена верхней подсвитой циклаурской свиты. Водоносность этой толщи, сложенной, в основном, глинистыми сланцами обусловлена наличием крупных региональных нарушений субширотного направления.

### Лавины

Рассматриваемый район, а особенно его высокогорная часть, характеризуется широким развитием лавин. Разовые выпадения снега мощностью до 1 м явление здесь рядового характера.

Резко расчлененный рельеф, наличие склонов всевозможных ракурсов, крутизны и разной степени залесенности, огромные (до 2000 м) относительные превышения в пределах лавинных очагов, значительные перепады суточных температур обуславливают сход лавин всех типов и структур практически в любое время суток, начиная с последних чисел октября до середины мая включительно.

К наиболее распространенным и крупным относятся лотковые лавины, имеющие постоянную привязку к пониженным формам рельефа (балки, кулуары, каньоны), менее крупные – снежные остовы, которые сходят со склонов, имеющих техногенную или природную подрезку.

Лавины могут наносить все виды ущербов. Особенно опасны спорадические лавины, о которых до их проявления, как правило, мало информации, что нередко приводит к значительному ущербу, в том числе и человеческим жертвам. К сожалению, и изучаемый нами объект – Зарамагские ГЭС – не избежал этой участи. Обильные снегопады в конце января 2008 г. спровоцировали в Зарамагской котловине сход «нежданных» лавин. Они стали причиной гибели троих работников и отрезали от «большой земли» на несколько дней более 150 человек. Были разрушены бетонный узел, общежитие, административное здание, линии электропередач и т. д. Материальный ущерб был предварительно оценён в 60 миллионов рублей.

### Сейсмические условия района

Центральная часть Большого Кавказа характеризуется высокой сейсмичностью, причём в последние годы отмечается её значительная активизация [Гончаренко и др., 2007]. В 1991 г. в 50 км к юго-западу от створа плотины Зарамагских ГЭС произошло Рачинское землетрясение с  $M=7,1$ , наиболее сильное из инструментально зарегистрированных землетрясений на Кавказе.

В 1992 г., примерно в 80 км к восток-юго-востоку от плотины произошло Барисакское землетрясение с  $M=6,6$ . В центральной части Большого Кавказа зарегистрированы и другие сильные землетрясения с магнитудой до 6,0, а также существуют предположения о сильных исторических землетрясениях с интенсивностью до 9 баллов.

В непосредственной близости от сооружений Зарамагских ГЭС выделены две основные сейсмогенерирующие структуры: зона Нарских разломов и Нузальский

разлом. Первая проходит в 5 км южнее плотины, к ней приурочен ряд событий с  $M = 6,6$  и, возможно, очаг Барисахского землетрясения. Нузальский разлом проходит в 2,5 км к югу от здания ГЭС, и в его зоне известны события с  $M = 5,0-5,5$ . Магнитуды наиболее сильных землетрясений в них оценены в  $M_{\max} = 7,0$  и  $M_{\max} = 6,0$  соответственно. Условная повторяемость таких событий принята равной 1 раз в 10000 лет.

При возникновении указанных максимально возможных событий макросейсмическая интенсивность на исследуемом участке составит около 9 баллов (по расчётам по уравнению макросейсмического поля). В активной тектонической зоне, какой является площадь строительства Зарамагских ГЭС, водохранилище с почти кубокилометровым запасом воды создает дополнительную нагрузку на среду уже находящуюся в напряженно-деформированном состоянии и в первую очередь по тектоническим нарушениям и зонам трещиноватости, и эта нагрузка может спровоцировать увеличение локальной сейсмической активности района. Этому будут способствовать и колебания уровня воды в водохранилище за счет сезонных изменений дебита подпитки и технологического отбора объема потребляемой воды, в результате чего нарушения открытого типа и неглубокого заложения могут активизировать подвижки техногенного характера. Такими генераторами техногенных вибраций могут служить и литологические разности пород с различными свойствами водонасыщения. Учитывая, что большинство землетрясений приурочено к границам блоков с разнотипным строением земной коры, необходимо иметь точное представление о тектонической структуре района, для чего необходимо вести мониторинг геологической среды не только на площади затопления, но и на достаточном удалении от неё с целью выделения блоков с различными геофизическими характеристиками.

Результаты наблюдений за землетрясениями, наведенных водохранилищами и сооруженными в тектонически-активных горных районах, показывают, что зона влияния крупного водохранилища, как правило, составляет несколько тысяч квадратных километров, а эпицентры наведенных землетрясений располагаются либо под его акваторией, либо в пределах первых десятков километров от нее [Капустян, Юдахин, 2007].

## Выводы

1. Исследованный район характеризуется мощными геодинамическими процессами, высокой сейсмичностью, широким развитием экзогенных геологических процессов и интенсивной техногенной нагрузкой.
2. Наиболее существенными из природных факторов, усиливающими воздействие опасных геологических процессов являются климатические экстремумы (обильные выпадения осадков – дождь, снег), приводящие к весенне-летним паводкам, сходу снежных лавин и селевых потоков, активизации оползневых и обвально-осыпных процессов.
3. На фоне высокой сейсмичности потенциал воздействия опасных экзогенных геологических процессов увеличивается.
4. Наиболее сложными участками следует считать интервалы, прилегающие к зоне строительства Зарамагских ГЭС, которые располагаются в условиях непосредственной близости от ТрансКАМа.
5. Максимальный ущерб объекту могут нанести процессы боковой эрозии во время паводков.

6. Воздействие лавин не было учтено ни на одном из этапов проектирования и строительства Зарамагских ГЭС, а они подвергают опасности почти весь комплекс сооружений.

7. Особое внимание следует уделить участкам с селеопасными ручьями и балками, по которым сходят и скоростные лавины (мокрые, сухие, пылевидные) с мощными ударными волнами. Это относится в первую очередь к селеопасным балкам верховьев рр. Мамисондон и Зруг.

8. Обвальнo-осыпные процессы поражают район на значительной площади; они, как правило, активизируются в процессе строительных работ с применением глубоких врезов в склоны.

9. Оползни хотя и имеют незначительное развитие в данном районе, тем не менее, часть из них при активизации могут нанести значительный ущерб.

### Литература

1. Бергер М. Г. Природная катастрофа на леднике Колка 20 сентября 2002 г. – внезапный газодинамический выброс ледника // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Доклады Международной конференции Владикавказ – Москва, 2004 г. Владикавказ: Олимп, 2006. С.41-49.

2. Бритаев Ц. Х., Гончаренко О. А., Караев Ю. И., Никитин М. Ю. Дистанционный мониторинг экзогенных геологических процессов в новых экономических условиях // Геоэкологические исследования и охрана недр. Информационный сборник. Выпуск 2. М.: МПР РФ, ЗАО «Геоинформмарк», 1998. С.17-19.

3. Гончаренко О. А., Заалишвили В. Б., Караев Ю. И., Никитин М. Ю. Опасные геологические процессы Северного Кавказа // Международная научно-практическая конференция «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа». Владикавказ, 2007.

4. Гончаренко О. А., Караев Ю. И., Никитин М. Ю. Опыт использования цифровых аэросъёмок на Северном Кавказе в 2000 г. // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы регионального сотрудничества и региональной политики горных районов: Материалы IV Международной конференции 23-26 сентября 2001. Владикавказ: Терек, 2001.

5. Капустян Н. К., Юдахин Ф. Н. «Сейсмические исследования техногенных воздействий на земную кору и их последствий». Екатеринбург, 2007.

6. Караев Ю. И. Изучение опасных геологических процессов горных и предгорных территорий (на примере дистанционных исследований Северного Кавказа) // Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий: Материалы VI Международной конференции. Владикавказ, 2007. С.234-235.

7. Рогожин Е. А. Геодинамика и сейсмотектоника. // В кн.: Проблемы эволюции тектоносферы. М.: 1997, с.84-92.

8. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Экологическая геология. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002.

9. Хузмиев И. К. Концепция развития электроэнергетики Республики Северная Осетия-Алания. Владикавказ, 2007.

10. Агибалова В. В. Отчет по режимным наблюдениям за экзогенными геологическими процессами на участках их проявления в горной части СО и ЧИ АССР за 1982-1985 гг. Фонды СОГРЭ, Орджоникидзе, 1985.

11. Энна Н. Л. и др. Геологическая карта Кавказа М 1:50000. Листы: К-38-41-Б-в, г; К-38-41-Г; К-38-42-А-в, г; К-38-42-В; К-38-53-А-а, б. Ессентуки: ЦГСЭ, 1988.

---

---

## **INFLUENCE DENGEROUS DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES ON THE HIGH – PRESSURE HPPS (FOR EXAMPLE ZARAMAGSKAYA HPP, NORTH OSSESSETIA-ALANIA)**

© 2013 Yu. I. Karaev

The head of North-Caucasian innovative centre «Sustainable development of mountain territories» of the North-Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University) (NCIMM (STU)), senior lecturer of Ecology Chair and of Geology Chair NCIMM (STU), Nikolaeva str. 44, Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia, 362021, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

The paper presents the characteristics of hazardous geological processes of mountainous areas of the North Caucasus and North Ossetia. The characteristic of their impact on the high-pressure hydro. Proposed solutions to the problems identified.

**Keywords:** natural processes, geohazards, exogenous and endogenous geological processes, high pressure hydro.

УДК 551.24

## ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И МИГРАЦИИ ОЧАГОВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

© 2013 Р. А. Магомедов

Институт геологии Дагестанского научного центра РАН, Россия, Республика Дагестан, 367030, Махачкала, ул. М. Ярагского, 75, e-mail: ra-mag@yandex.ru

Проведен анализ землетрясений происшедших на территории Восточного Кавказа с магнитудами  $M \geq 5$  за период с 1960 по 2012 годы на предмет выявления миграции сильных землетрясений и пространственной локализации их очагов с целью оценки современной напряженности и направленности геотектонических процессов в регионе. Выявлены новые, потенциально высокосейсмичные зоны в пределах северо-восточного сегмента Восточного Кавказа. Определена средняя скорость миграции очагов сильных землетрясений по территории региона.

**Ключевые слова:** современная сейсмичность, геотектоника, очаг землетрясения, магнитуда, зона ВОЗ.

Анализ пространственно-временного распределения и миграции очагов сильных землетрясений позволяет оценить в первом приближении напряженность и направленность сейсмотектонических и геодинамических процессов в регионе.

Как известно «сейсмическую погоду» определяют сильные землетрясения. Для Восточного Кавказа нами проведен анализ каталога землетрясений с магнитудами  $M \geq 5$  за период с 1960 по 2012 годы на предмет выявления миграции сильных землетрясений и пространственной локализации их очагов с целью оценки современной напряженности и направленности геотектонических процессов в регионе. За указанный период на территории Восточного Кавказа произошло 147 сильных землетрясений с  $M \geq 5$  (таблица 1).

Таблица 1

**Распределение землетрясений по магнитуда**

Магнитуда	Количество землетрясений
4 (3.8-4.4)	579
5 (4.5-5.4)	133
6 (5.5-6.4)	13
7 (6.5-7.4)	1
$\Sigma$	726

Дизъюнктивная тектоника Восточного Кавказа изучена достаточно хорошо [Ажгирей, 1960; Ананьин, 1977; Брод, 1938; Буторин, Галин, 1972; Короновский, 1994; Короновский, 1984; Криволицкий, 1954; Магомедов; Маркус, 1986; Милановский, 1968; Соборнов, 1991; Талалаев, 1977; Шатский, 1929]. По геолого-геофизическим данным здесь выделяются несколько субмеридиональных разломов

глубокого заложения, которые, пересекаясь с разломами субширотного простирания, дробят фундамент Восточного Кавказа на серию блоков (рис. 1).

По данным сейсмических и гравиметрических исследований, в свою очередь, подтвержденных на многих площадях поисковым бурением [Буторин, Галин, 1972], вдоль внешнего обрамления Дагестанского выступа (Нарат-Тюбинской зоны) меловые отложения дислоцированы в узкие линейно-вытянутые антиклинальные по форме блоки, ступенчато погружающиеся к осевой части Терско-Каспийского прогиба. Разрывные нарушения фиксируются крутыми залеганиями слоев – до 80-90° (рис. 2, 3).

В современную эпоху территория Восточного Кавказа, в частности, область Дагестанского выступа, характеризуется повышенной сейсмической активностью. В течение последних 30-40 лет инструментальным путем здесь зарегистрировано много сильных землетрясений, в том числе: Дагестанское – 14.05.1970 г. (8-9 баллов), Салатауское – 23.12.1974 г. (7 баллов), Буйнакское – 9.01.1975 г. с силой в эпицентре равной 8 баллам, Кумторкалинские – (31.01. с силой в 7 баллов и 21.02., 14.04.1999 г.) и др.

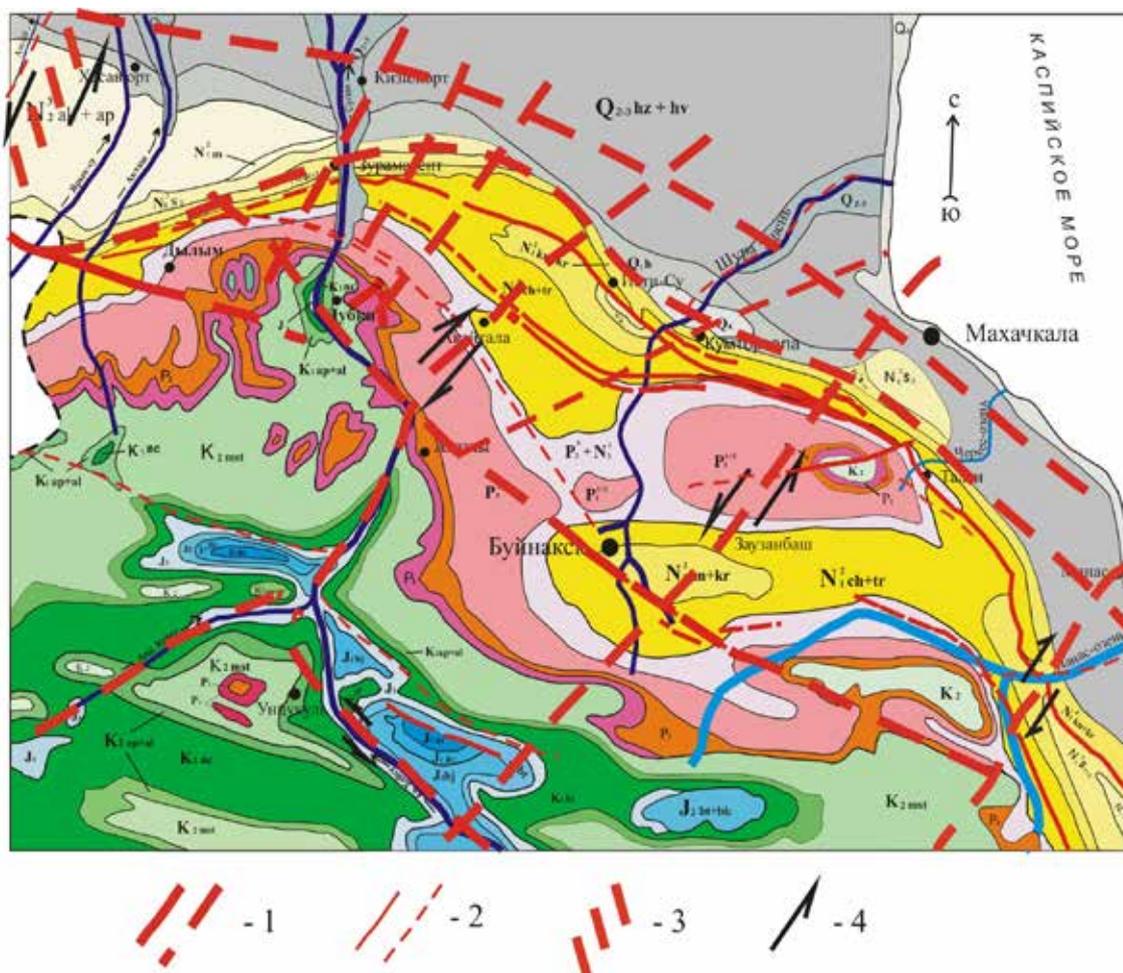


Рис. 1. Схема дизъюнктивной тектоники северо-восточного сегмента Восточного Кавказа. 1 – глубинные разломы (достоверные и предполагаемые); 2 – разрывные нарушения в осадочном чехле (достоверные и предполагаемые); 3 – фрагмент Аграхано-Тбилиско-Левантийской левосдвиговой зоны I порядка; 4 – направления смещения блоков.

С 1999-2000 гг. отмечается тенденция увеличения глубины гипоцентров землетрясений в регионе, т. е. увеличение мощности сейсмоактивного слоя. При анализе каталога землетрясений выяснилось, что за последние 10-12 лет наблюдался и резкий рост землетрясений с  $M=4$  что, вероятно, является форшоковой активностью более сильного ближайшего будущего землетрясения. Все это согласуется с выводом о росте сейсмической активности за последние 30-40 лет (рис. 4).

Анализ построенных карт эпицентров землетрясений (рис. 5) свидетельствует о значительной дифференциации сейсмической активности по площади.

Территориально зоны повышенной сейсмической активности приурочены к эпицентральной зонам сильных землетрясений. Анализ данных показывает, что вероятности попадания землетрясений различных энергетических классов сохраняется практически для всех систем разломов и блоков земной коры, что позволяет сделать вывод о существовании общих региональных закономерностей пространственного положения зон разрядки тектонических напряжений и об однородности их физической природы.

Сопоставляя схемы распределения эпицентров землетрясений и дизъюнктивной тектоники, легко заметить связь наиболее активных в сейсмическом отношении зон с зонами продольных и поперечных глубинных разломов и, в особенности, с узлами их пересечения. Так, полоса высокой сейсмической активности тянется примерно вдоль Дагестанского поперечного поднятия и осложняющих его разломов.

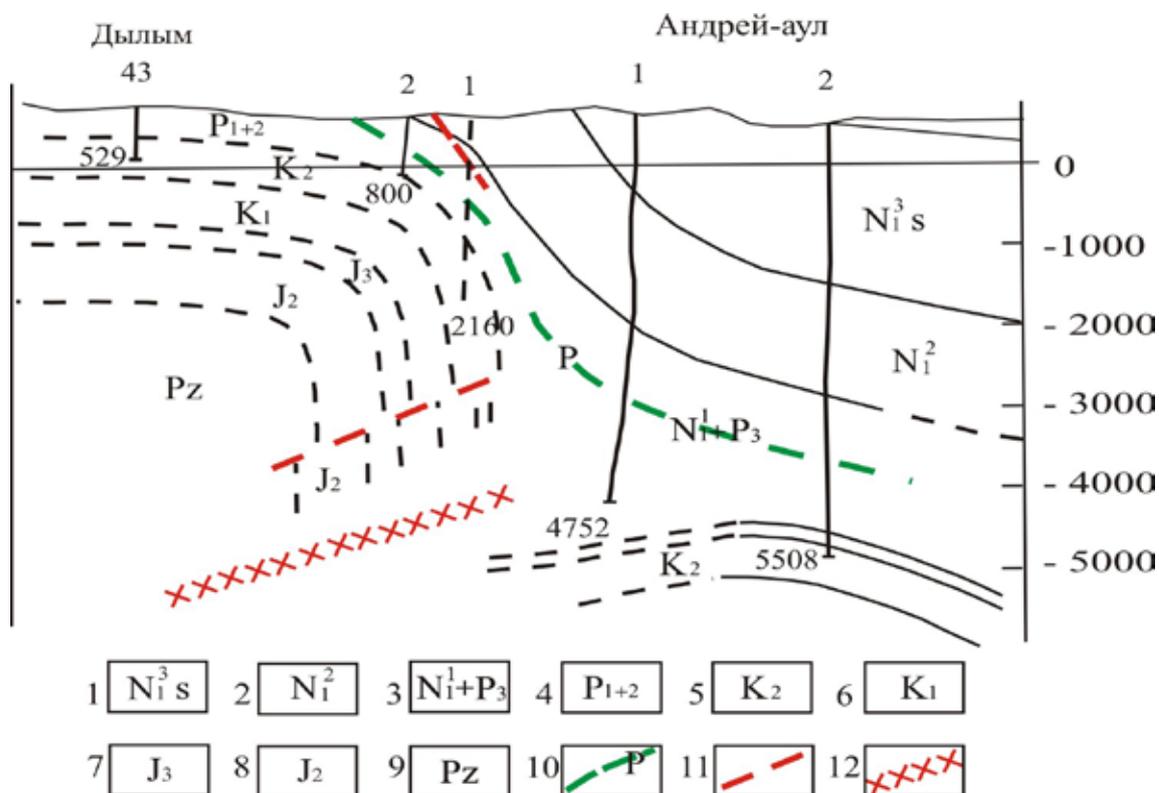


Рис. 2. Геологический профиль «Дылым-Андрей-аул» [Буторин, Галин, 1972].

1 – сарматский ярус; 2 – средний миоцен; 3 – майкопская серия; 4 – фораминиферовая серия; 5 – верхний мел; 6 – нижний мел; 7 – верхняя юра; 8 – средняя юра; 9 – палеозой; 10 – реперный пласт в кровле миатлинского горизонта; 11 – разломы; 12 – зона главного надвига.

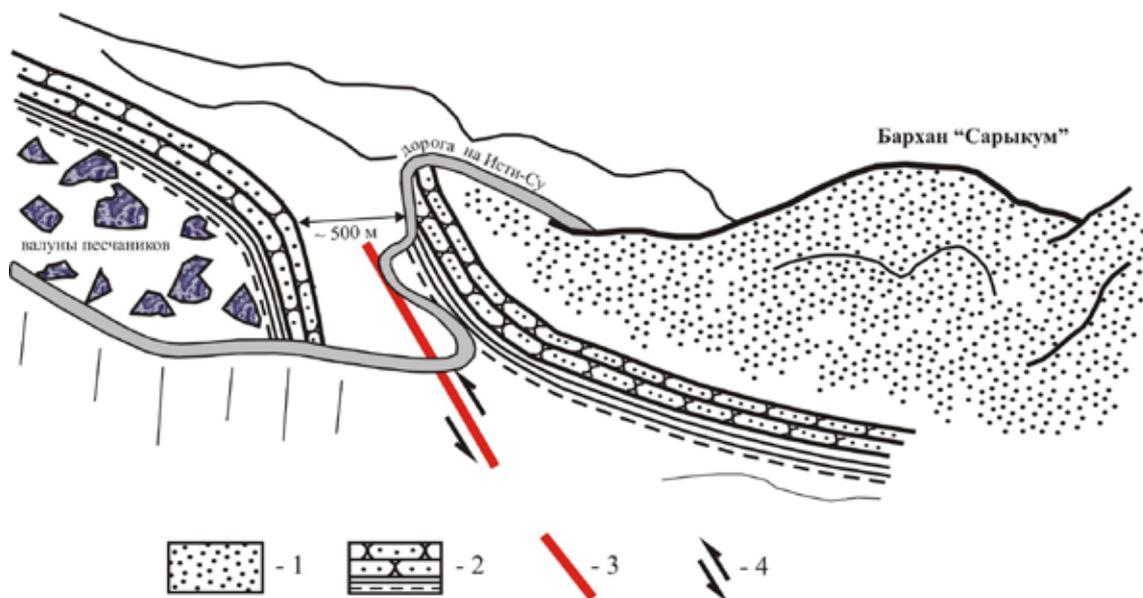


Рис. 3. Разрывное нарушение (взброс) вдоль внешнего обрамления Нарат-Тюбинской зоны. 1 – эоловые отложения четвертичного возраста; 2 – отложения чокрак-караган-сарматского возрастов; 3 – ось разрывного нарушения; 4 – направление движения блоков. Вид на бархан «Сарыкум» со стороны п. Ленинкент – с ЮВ на СЗ (зарисовка автора)

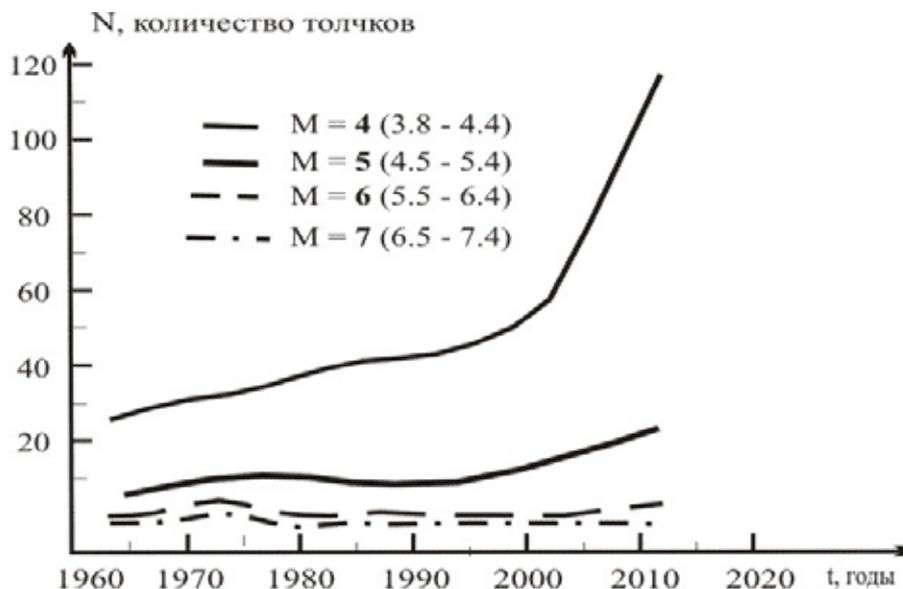


Рис. 4. Изменение количества землетрясений во времени

Высокосейсмичный район к западу от Махачкалы приурочен к вершине поперечного поднятия Дагестанского выступа и одновременно к вероятному продолжению Пшекиш-Тырныаузской шовной зоны. Это зона современной сейсмической активности. Она приурочена к зоне сочленения Сулакского выступа с Капчугайским грабеном по Чиркей-Экибулакскому глубинному разлому. Здесь имеет место чередование циклов сейсмической активности и спада, продолжительностью ~ 10 лет (рис. 5): 1960-69 гг. – спад активности, 1970-79 гг. – повышение, 1980-90 гг. – спад,

1991-2001 гг. – повышение, 2002-2010 гг. – спад, 2011-20.. гг. – ожидается повышение сейсмической активности. Анализ пространственного распределения и миграции эпицентров землетрясений показывает, что помимо отмеченной современной высокосейсмичной зоны в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа имеются еще 4 сейсмоактивные зоны: Дербентская, Кубачи-Дейбук-Харбук-Уркарахская, Аргун-Гудермес-Хасавюртовская и Лагодехи-Белоканы-Закаталинская зоны. Сейсмические циклы в этих зонах имеют другую периодичность и продолжительность. Например, по палеосейсмическим данным, в историческом прошлом (1620-е годы), в Кубачи-Дейбук-Харбук-Уркарахской зоне произошли сейсмические события с  $M=5$  и выше. В последующий период, вплоть до настоящего времени эта зона представляет собой зона сейсмического затишья. До каких пор? Потенциально новой очаговой зоной землетрясений является место сочленения Талгинского выдвинутого блока с Капчугайским грабеном и Губденским блоком.

Возникновение очагов землетрясений в регионе является следствием накопления тектонических напряжений, возникающих как вдоль основных разломов (Пшекиш-Тырныаузский, Срединный, Черногорский и др.), так и сдвигов внутри самих блоков вдоль поперечных разломов (Чиркей-Экибулакский, Искандерон-Махачкалинский, Губденский, Аграхано-Тбилисско-Левантийский 1-го порядка и др.) источником энергии которых является внутренняя энергия Земли и ее ротационно-пульсационный режим как планеты.

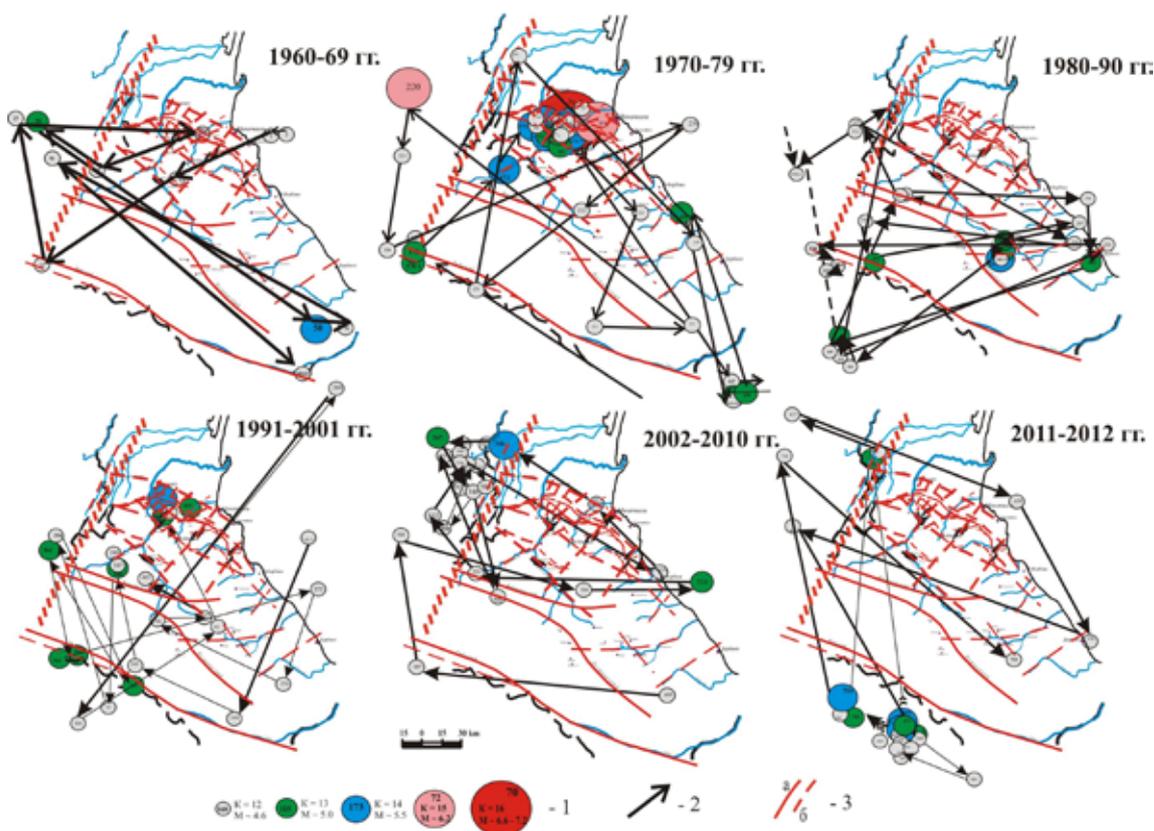


Рис. 5. Карты эпицентров землетрясений с путями их миграции.

1 – эпицентры землетрясений с порядковыми номерами и энергетической характеристикой; 2 – направление миграции эпицентров землетрясений; 3 – глубинные разломы и разрывные нарушения в осадочном чехле (а – достоверные, б – предполагаемые).

Для лучшего понимания механизма тектогенеза, сделаем небольшой экскурс в теорию исследований этой проблемы. Это поможет увидеть проблему тектогенеза региона лучше и в связи с глобальными геодинамическими процессами.

Данные, полученные в работах [Андронов и др., 1989; Жадин, 1984] убедительно показывают, что пространственно-временная структура миграции землетрясений в тектонических поясах имеет планетарную природу и указывает на существование прямой связи между сейсмическим процессом, с одной стороны, и мантийной конвекцией – с другой. Такой результат, с точки зрения тектоники плит, очевидно, равносителен выводу о том, что волны миграции сейсмичности имеют тектоническую природу вследствие подъема наверх огромных масс сильно нагретого мантийного вещества. Большая часть этого вещества не доходит до поверхности земной коры, а внедряется в литосферу, что и является, вероятно, главной причиной роста тектонических напряжений. В условиях достаточно быстро вращающейся Земли движение магматического вещества от места его подъема к поверхности, вследствие действия силы Кориолиса, должно иметь вихревой характер. Поскольку Восточный Кавказ располагается к северу от экватора, предполагается, что в его пределах могла возникнуть вихревая структура с вращением против часовой стрелки. Поступательное движение сильно нагретого мантийного вещества вдоль поверхности вращающейся планеты имеет ротационную составляющую. Изменение режима вращения планеты, неизбежно приводит к накоплению в ее относительно упругой части – литосфере – значительных напряжений. При этом специфика напряжений, возникающих при неравномерном вращении планеты, определяется тем, что земная кора неоднородна и большое количество слагающих ее относительно однородных блоков по разделяющим их границам (глубинным разломам) слабо сцеплены между собою. Как известно, литосферные плиты, как панцирь покрывающие планету, друг относительно друга поворачиваются, что и находит свое отражение в процессах, протекающих в районах сейсмических поясов Земли. Любое изменение режима вращения планеты, вероятно, должно приводить к тому, что относительно однородные блоки будут стремиться повернуться друг относительно друга.

Естественно, что изложенная картина причинно-следственных связей тектогенеза является неокончательной и не до конца ясной, весьма гипотетической и поэтому очень уязвимой. Но некоторые положения представляются достаточно очевидными:

1. Основным энергетическим источником тектонических процессов является тепловая энергия, выделяющаяся в недрах Земли при гравитационном уплотнении и дифференциации ее вещества.

2. В связи с низкой теплопроводностью верхних оболочек твердой Земли, составляющих литосферу, в ее основании образуется находящаяся в частично расплавленном состоянии астеносфера, значительные части которой могут, вероятно, периодически испытывать полное расплавление. Появление зон плавления создает условия инверсии плотностей, порождающие конвективную неустойчивость с тенденцией подъема легких (легкоплавких) дифференциатов в более высокие слои, вплоть до поверхности Земли.

3. Возникшая в раннем докембрии закономерно ориентированная планетарная сетка глубинных разломов контролирует распределение теплового потока и тем самым зоны повышенной тектономагматической активности в литосфере. Закономерная ориентировка планетарной сетки разломов относительно оси вращения Земли свидетельствует о ее ротационной обусловленности.

4. В литосфере одновременно существуют зоны сжатия и растяжения, причиной возникновения которых, вероятно, является установленная многими исследователями определенная периодичность тектонических движений. Непосредственной причиной последних является, очевидно, периодическое накопление и выделение внутриземной тепловой энергии. Представляется вероятным, что синхронизирующая роль принадлежит изменениям внешнего гравитационного поля в процессе движения солнечной системы по галактической орбите (взаимодействие гравитационных полей Земли и Космоса).

Таким образом, миграция очагов землетрясений, в свете изложенных теоретических положений, – результат и реакция геологической среды (земной коры) на современные геодинамические процессы.

Для каждого региона средняя скорость миграции очагов – своя, отличающаяся от других регионов в зависимости от конкретных геотектонических и геодинамических условий. В работе [Барабанов, 1994] проведен обзор исследований миграции землетрясений в крупнейших сейсмических регионах мира: скорость линейной миграции землетрясений произошедших в 1962 г. последовательно в Северной Атлантике, Италии, Греции, Иране, Средней Азии и Бирме составляла до 290 км/сут; в Трансзападной зоне скорость миграции менялась от 11 до 272 км/год; в Северо-Анатолийской зоне – 80 км/год; в зоне Центральной Америки скорость миграции за период 1972-74 гг. составляла 350 км/год; для зоны разлома Сан-Андреас определена миграция землетрясений с  $M$  более 6.0 с ЮВ на СЗ со скоростью 130 км/год. В работах [Андронов и др., 1989; Жадин, 1984] приведены результаты глобального анализа миграции сильных землетрясений на поверхности Земли. Выделено десять локальных зон, расположенных в СВ и ЮЗ частях Тихого океана, в северной части Атлантики, в Центральной и Восточной Азии, которые представляли собой *центры концентрически мигрирующих очагов*. Скорость миграции составляет 180-210 км/год. Очаги сильнейших землетрясений вдоль северо-западной окраины Тихого океана мигрируют со скоростью около  $250 \pm 30$  км/год [Короновский, 1984].

Для региона Восточного Кавказа, каждой траектории движения эпицентров землетрясений определялось значение скорости  $V$ , численно равное отношению длины прямолинейного отрезка, соединяющего эпицентры соседних во времени землетрясений каталога, к интервалу времени между ними. Нам удалось установить, что очаги сильных землетрясений Восточного Кавказа мигрируют вдоль субширотного направления со средней скоростью 580 км/год, а вдоль субмеридионального – со скоростью 600 км/год (таблица 2).

Таблица 2

#### Средние значения скоростей миграции эпицентров землетрясений

Годы	$V_{\text{ср.}}$ , км/год	
	Субкавказское направление	Поперечное направление к субкавказскому
1960-1969	622	169
1970-1979	416	368
1980-1990	914	854
1991-2001	165	891
2002-2010	436	412
2011-2012	934	929
Ср. – интегр.	580	600

Проведенные исследования позволили сделать вывод о существовании общих региональных закономерностей миграции очагов землетрясений и зон разрядки тектонических напряжений, а также об однородности их физической природы. Исследования позволили проанализировать геотектонический режим и выявить направленность сеймотектонических процессов в регионе.

### Выводы

1. Установлено, что рассматриваемая территория характеризуется неоднородностью в распределении современной геотектонической активности. Особенность распределений состоит в том, что они сосредоточены в узких линейно-вытянутых межблоковых зонах. Возникновение этих зон обусловлено высокой геодинамической активностью разломов в фундаменте. По зонам глубинных разломов происходит реализация волновых движений.

2. Современная очаговая зона землетрясений приурочена к зоне сочленения Сулакского выступа с Капчугайским грабеном по Чиркей-Экибулакскому глубинному разлому. Потенциально новыми очаговыми зонами землетрясений являются места сочленения Талгинского выдвинутого блока с Капчугайским грабеном и Губденским блоком. При изменении геодинамической обстановки в сопредельных территориях или при прохождении очередной тектонической волны эти блоки могут «сработать» первыми.

3. За последние 10-12 лет наблюдается резкий рост землетрясений с  $M > 4$  и рост глубины гипоцентров что, вероятно, является форшоковой активностью более сильного ближайшего будущего землетрясения. Это согласуется с выводом о росте сейсмической активности за последние 30-40 лет.

4. Анализ пространственно-временных распределений и миграции очагов землетрясений Восточного Кавказа позволяет сделать вывод о существовании общих региональных закономерностей пространственно-временного положения очагов землетрясений и зон разрядки тектонических напряжений и об однородности их физической природы.

5. Средняя скорость миграции очагов землетрясений по территории Восточного Кавказа составляет около 580-600 км/год и не зависит от направления их миграции.

6. Чередование циклов активности и спада современной высокосейсмичной зоны в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа составляет около 10 лет. В 2011-20 гг. здесь, вероятно, ожидается повышение сейсмической активности.

7. Выявлены, помимо современной высокосейсмичной зоны, еще 4 сейсмоактивные зоны: Дербентская, Кубачи-Дейбук-Харбук-Уркарахская, Аргун-Гудермес-Хасавюртовская и Лагодехи-Белоканы-Закаталинская зоны.

### Литература

1. Ажгирей Г. Д. О некоторых важных закономерностях тектонического строения и движения Земной коры. Изв. АН СССР, Серия геол., № 8. 1960.
2. Ананьин И. В. Сейсмичность Северного Кавказа. М.: Наука. 1977. 148 с.
3. Андронов И. В., Жадин В. В., Поташников И. А. Пространственно-временная структура миграции землетрясений и сейсмические пояса // Доклады АН СССР. – 1989. – Т. 306, № 6. – С. 1339-1342.
4. Барабанов В. Л., Гриневский А. О., Беликов В. М. О миграции коровых землетрясений // Динамические процессы в геофизической среде. – М.: Наука, 1994. – С. 149-167.

5. Брод И. О. Тектоника и нефтеносность Вост. Предкавказья // Сов. геол. 1938. № 7.
6. Буторин Г. Д., Галин В. Л. Тектоника передовой складчатой зоны Дагестанского выступа в связи с поисками залежей нефти и газа. – Сов. геол., 1972, № 9.
7. Викулин А. В. Миграция очагов сильнейших Камчатских и Северо-Курильских землетрясений и их повторяемость // Вулканология и сейсмология. 1992. № 1. С. 46-61.
8. Викулин А. В. Физика волнового сейсмического процесса // Природа. 1992. № 7. С. 11-19.
9. Жадин В. В. Пространственно-временные связи сильных землетрясений // Физика Земли. – 1984. – № 1. – С. 34-38.
10. Касьянова Н. А., Абрамова М. А., Гайрабеков И. Г. // Геотектоника. 1994. № 4. С. 30.
11. Копничев Ю. Ф., Соколова И. Н. Вариации скорости вращения Земли и геодинамические процессы в Центральной Азии // Докл. РАН. 1997. Т. 353. № 3. С. 386-389.
12. Короновский Н. В. Аграхан-Тбилиско-Левантийская левосдвиговая зона – важнейшая структура Кавказского региона // Докл. РАН. 1994. Т. 337, № 1.
13. Короновский Н. В. Линеаменты Бол. Кавказа и Предкавказья по изображениям на космических снимках и их геологическое истолкование // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геол. 1984. № 6.
14. Криволицкий Н. В. Тектонические характеристики области Известнякового Дагестана // Тр. ВНИГРИ, 1954, № 4.
15. Лурсманашвили О. В. Временно-пространственное распределение сильных землетрясений Кавказа и возможность взаимосвязи землетрясений через пластические волны // Сообщ. АН Груз. ССР. 1977. 87. № 3. С. 601-604.
16. Магомедов Р. А. Геодинамический режим области Дагестанского клина в альпийском цикле развития Восточного Кавказа // Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. Тр. ИГ ДНЦ РАН. Вып. 56. – С. 66-80.
17. Маркус М. А. Долгоживущие структуры Восточного Кавказа. – Сов. Геология, 1986, № 10.
18. Милановский Е. Е. Новейшая тектоника Кавказа. М., 1968. 484 с.
19. Михайлов Д. Н., Николаевский В. Н. Тектонические волны ротационного типа с излучением сейсмических сигналов // Физика Земли. 2000. № 11. С. 3-10.
20. Соборнов К. О. Формирование складчато-надвиговой структуры Дагестанского клина // Геотектоника. 1991. № 3.
21. Талалаев В. Д. Важнейшие особенности альпийской складчатости Сев. Вост. Кавказа // Тр. Сев. Кав. НИПИнефть. Грозный, 1977. Вып. 12, ч. 1.
22. Уломов В. И. Волны сейсмогеодинамической активизации и долгосрочный прогноз землетрясений // Физ. Земли. 1993. № 4. С. 43-53.
23. Шатский Н. С. Геологическое строение восточной части Черных гор и нефтяные месторождения Миатлы и Дылым (Северный Дагестан). – Тр. Гос. исслед. нефт. ин-та, 1929, вып. 4.

---

---

## PECULIARITIES OF SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION AND MIGRATION SOURCES OF STRONG EARTHQUAKES THE EASTERN CAUCASUS

© 2013 R. A. MAGOMEDOV

Institute of Geology, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences»,  
Russia, Makhachkala, e-mail: ra-mag@yandex.ru

The analysis of earthquakes occurred on the territory of the Eastern Caucasus with magnitudes  $M \geq 5$  for the period from 1960 to 2012 to identify the migration of strong earthquakes and spatial localization of foci to assess the current tensions and orientation of tectonic processes in the region. The identification of new, potentially high seismicity areas within the North-Eastern segment of the Eastern Caucasus. Average rate of migration of the sources of strong earthquakes on the territory of the region.

**Keywords:** modern seismicity, geotectonics, the epicenter of earthquake, magnitude, zone of possible sources of earthquakes (zone of PSE).

УДК 550.34

## 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].

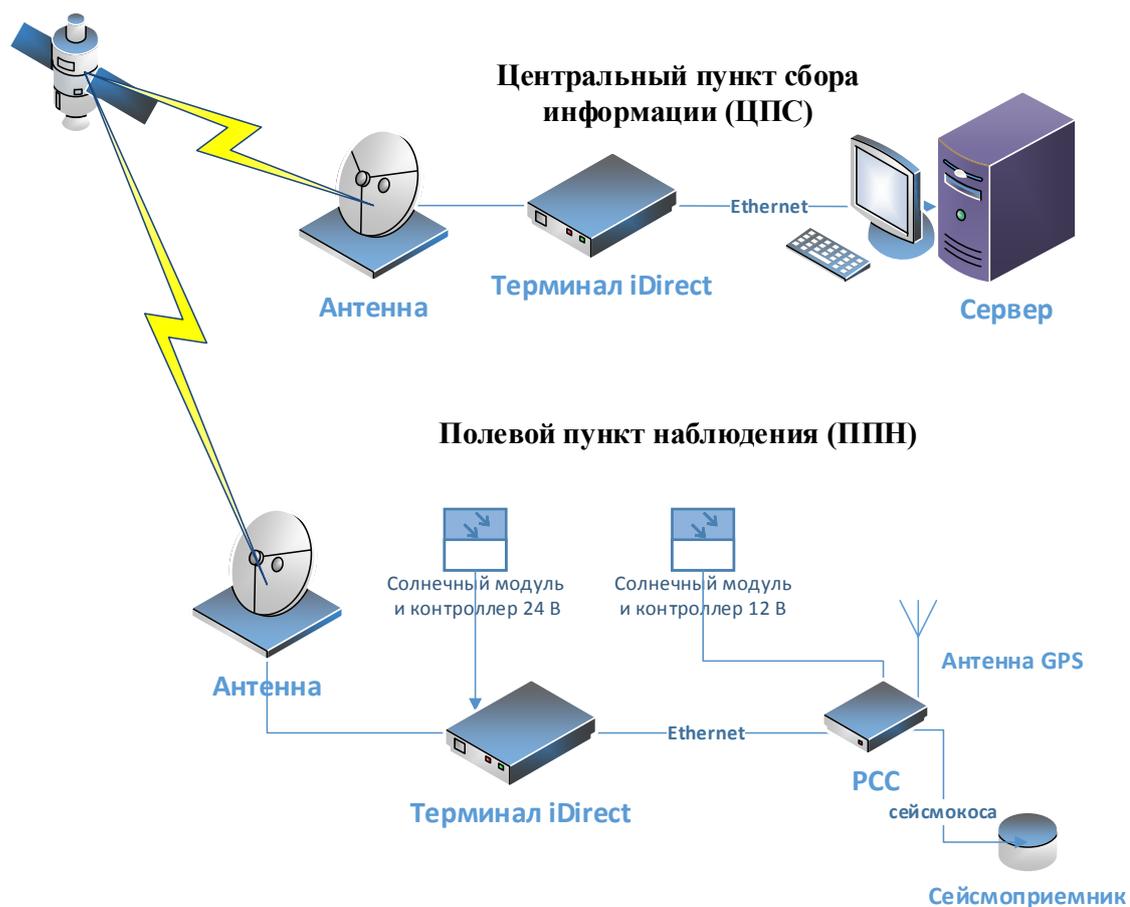


Рис. 4. Схема сейсмологической телеметрической сети Кармадонского параметрического полигона.



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.

## **ORGANIZAYION OFOF SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS IN GENALDON ANDKARMADON 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.

## НАШИ ГОСТИ

УДК 551.33

### GLACIAL AND PERIGLACIAL PROCESSES OF GEORGIA

© 2013 I. V. Bondyrev

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Vakhushti Bagrationi Institute of Geography,  
1, Chavchavdze Ave., 0179, Tbilisi, Georgia, e-mail: example@tsu.ge

There are about 786 glaciers registered in the mountains of Georgia. The possible consequences of human activity on the whole geodynamic system of the Caucasus are discussed. Geography of glaciers, glacial melting, avalanches, cryogenic processes, classification of periglacial formations and impact of cryogenic processes are studied.

**Keywords:** Glaciers, avalanches, cryogenic processes.

#### 1. Glaciers

In the mountains of Georgia there are about 786 glaciers registered, with a total area of about 550 km<sup>2</sup>. About 82.5% of them are in the upper courses of the Kodori, Inguri, Rioni, and Terek rivers. For the past 150 years significant glacier retreat (0.8-1.7 km) and shrinking of their area by 16% have been observed. Since the middle of the 1940s glaciological situation has been characterized by a sharp reduction in the glacial area, but with the simultaneous increase in their number the united glaciers disintegrated into separate smaller ones, although at the same time separate movements have also taken place.

At some trans-shipping sections of the highways of Georgia the material damage due to elemental destructive processes, as snow avalanches and collapses, account for 50% of the total freight turnover of motor transport. About 31% of the territory of Georgia is

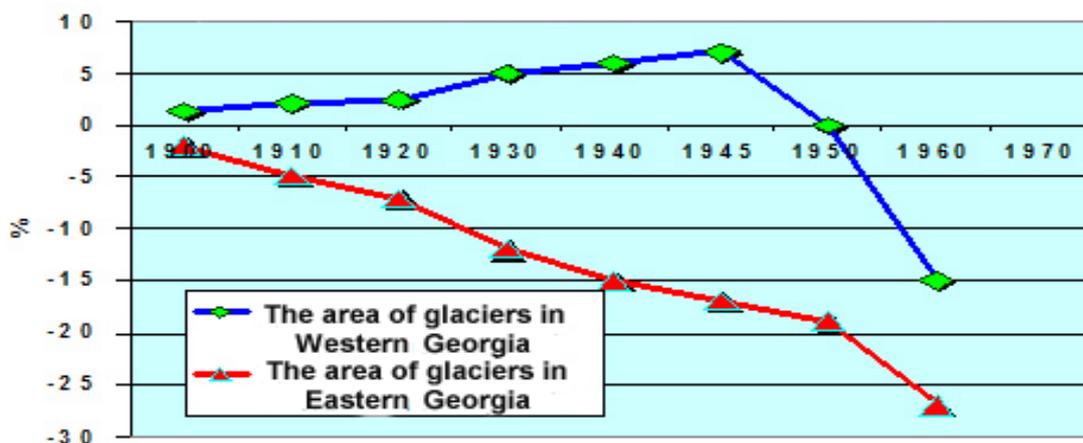


Figure 1. Dynamics of the area of Georgian glaciers 1890-1970 (data at the 1890 year level)

subjected to avalanches (18% in eastern and 13% in western Georgia). More than 70% of the territory is subjected to avalanches in the Terek, Argun, and Assa river basins; about 50% in the Bzibi, Kodori, Chkhalt'a and Inguri river basins; and up to 25% in the Khobi, Alazani and Iori river basins.

The present day glaciation within the Caucasian region occupies 1436.12 km<sup>2</sup> area and the area is home to 2090 glaciers (per 1993 year data). Glaciation is mainly timed to crests of ridges and adjoining to them are areas of main spurs of the Greater and Minor Caucasus. The total area of glaciers of the Greater Caucasus is 1367.94 km<sup>2</sup> and 99.8% of all glaciers of the Caucasus is situated here (figure 1).

## 2. Geography of Glaciers

The main glaciations localisation of the Terek River basin is Kazbegi-Jimarai massif (Khokhi ridge). Powerful hanging-valley glaciers, Devdoraki, Ortsveri (Gergeti), and Suat'si begin on the walls of this massif. Of all the registered glaciers of Georgia 12.6% are in the Terek River basin with a 12.1% area. Per area hanging-valley type glaciers (48.2%) occupy the first place. Nearly, hanging (17.9%) and corrie (17.1%) glaciers occupy identical areas. The most active glaciers of the Caucasus for the past 100 years are Devdoraki, Abano, and Kolka. The first of these retreated by 16 m during 1881-1970, but the last (Abano) even approached 79 m during 1882-1970. Analysis of the Kazbegi-Jimarai massif data showed that approaching 2000, a reduction in the factor value of the masses of glacier pressure on the strata of the Earth's crust was observed (figure 2). It has been calculated that for a period of 1881 to 2000, in connection with melting of glaciers, this value (k) reduced from 75.0 up to 49.4. With the provision for the given factor the pressure of glacier masses upon the Earth's crust was estimated down to 100 km depth, with the use of the method of end elements in the plan of its lineal setup.



Figure 2. Glaciers in valley Truso (basin to Terek River)

### 3. Glacial Melting

Our aim is not to seek the reason of active melting of glaciers of the Greater Caucasus whether it is global warming of climate or a consequence of human activity but only try to define their possible consequences on the whole geodynamic system of the Caucasus. However, the size of this geocosystem is so enormous that may be reasonable to consider only one of its the most representative cells – Kazbegi-Jimarai block. This choice is determined as well by a well known Karmadoni event of September 2002. The area of glaciation on Kazbegi massif forms 23.2 km<sup>2</sup>, an average thickness of ice is 45.7 m, ice volume – 1,5063 km<sup>3</sup> (Panov,1993). Calculation of data on the Kazbegi-Jimarai massif shows that approaching 2000 reduction of factor value of glaciers' mass pressure on the rock mass of the Earth's crust was observed (figure 3). It was calculated that from 1881 to 2000 (*k*) this value was reduced from 75.0 to 49.4. Taking into consideration the value of this coefficient the value of glacier's mass pressure on the rock mass of the Earth's crust to the depth of 100 km was calculated. Estimation of the problem was carried out by the method of end elements in the plan of its linear formation. Provisionally the maximum average density of rocks was accepted as 0.3 t/m<sup>3</sup>.

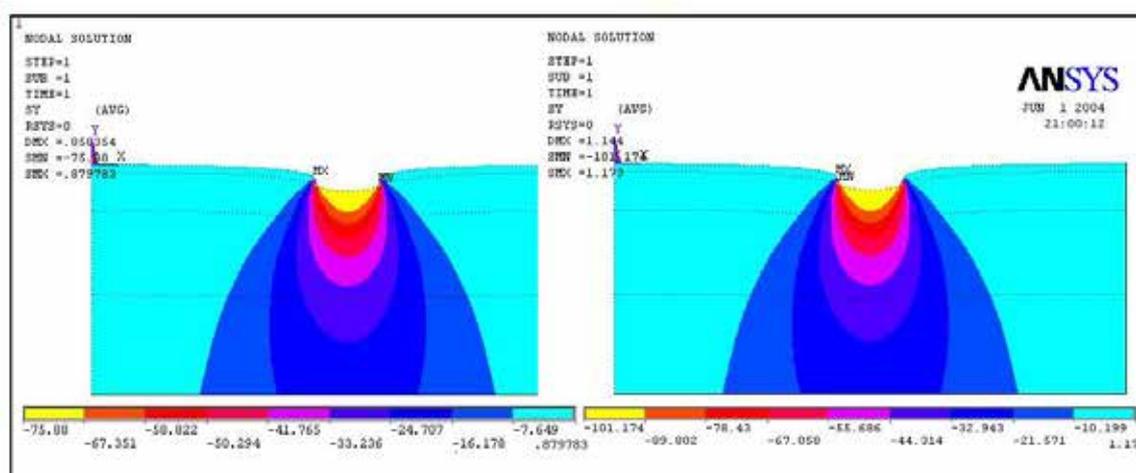


Figure 3. Dependence of loading on Earth's crust taking into account weight of glaciers of the Kazbegi-Djimara file

Here the module of deformation  $E$  deformation = 2 h 106 t/m<sup>2</sup>, and the Poisson factor  $u = 0.2$ . As a first approximation, using computer processing of the data (support program ANSYS) on the material a factor of glacial load on the basement rock surface had the following distribution per vertical: In 1875, the pressure on the basement rock was 65 t/m<sup>2</sup> at a depth of 5 km, 56.9 t/m<sup>2</sup> at a depth of 10 km, 43.59 t/m<sup>2</sup> at a depth of 25 km, 32.39 t/m<sup>2</sup> at a depth of 50 km, and 26.29 t/m<sup>2</sup> or 2.62 kg/cm<sup>2</sup> at a depth of 100 km. In 2000 these values reached 46.39 t/m<sup>2</sup> at a depth of 5 km, 35.59 t/m<sup>2</sup> at a depth of 10 km, 32.9 t/m<sup>2</sup> at a depth of 25 km, 22.89 t/m<sup>2</sup> at a depth of 50 km 17.49 t/m<sup>2</sup> or 1.74 kg/cm<sup>2</sup> at a depth of 100 km. All this points to a significant reduction of pressure upon the Earth's crust of the given region, and consequently to a definite breach of isostasy that must bring about a return reaction, directed at the recovery of balance that in its turn is connected with moving material and energy in this lithodynamic system. Experience shows that removing the pressure from the Earth's crust by means of artificial extraction of significant volume of resources from it (oil and mining, thermal water, bauxite, or kimberlitic mass) brings

about a drastic change in the seismicity mode within 5 to 25 years. A classical example is the region of Gazli (Uzbekistan). Therefore, removal of geodynamic load (in the form of glacier masses) can cause an upheaval of endogenic activity.

#### 4. Avalanches

Avalanche-prone periods within the territory under investigation are set mostly during heavy snowfall (50%) and during the melting of snow (29%). A small percent of avalanches accounts for a period of sharp cold snap (8%), rains (4%) and winds. On the territory of Georgia 338 inhabited spots are under the threat of avalanche attacks. As a result of avalanches people lost their lives in 69 of these settlements. They caused destruction in 81 settlements and heavy damages in 58 settlements. The disastrous avalanches spread up to a height of 1500-2000 m above the mean sea level in Colchida and Adjara-Trialeti mountains, up to a height of 2000-2500 m in the Central part of the Greater Caucasus and on its southern spurs, but up to a height of 2500-2900 m in Eastern Caucasus. In January 1987, unprecedented snowfall triggered these avalanches, which had not been observed at any station for a long period of time. Snowfall lasted for 46 days, reaching 16 m thick at a number of places. The accumulated snow in mountains 3-4 times exceeded the usual rate, and on Gagra and Bzibi ranges it exceeded 7-8 times.

If in previous years there were fixed 30-40 avalanches, during 9 to 31 January there 330 avalanches were registered. Many villages in Svaneti were ruined (western Georgia): Chuberi, Ushguli, Mulakhi, Cola, and Khaishi. One of such avalanches covered the village of Zhamushi and carried away lives of 26 people. On the whole 105 people perished in western Georgia during avalanches. Only in the region of Mestia about 210 houses were completely ruined and more than 860 houses were damaged. As a result from avalanche prone regions about 8.5 thousand people were resettled, but the total damage caused was about 300 million \$ USA.

On 4 March 2007, a powerful 5 m wide and 200 m long avalanche occurred in the region of Red Glade (western Caucasus, Krasnodar region RF) from the top of Salimovsky circus, burying 4 people, including a child. In February 2007 the Trans-Caucasian highway was already completely closed because of the convergence of tens of avalanches. During a day there occurred not less than 35 avalanches with the general volume of 25 thousand m<sup>3</sup> of snow. In December 2003 heavy snowfall in the Pontides mountains almost blocked 70 villages. One person lost his life.

About 31% of the territory of Georgia is subject to avalanche processes (18% in eastern and 13% in western Georgia). About 70% of the territory in the Tergi, Argun, and Assa river basins is affected by them; about 50% in the Bzibi, Kodori, Chkhalt'a and Inguri river basins; and up to 25% in Khobi, Alazani and Iori river basins. In January 1987 due to unprecedented snowfall and avalanches 100 people lost their lives.

#### 5. Cryogenic Processes

Cryogenic or periglacial phenomena are widespread in the high mountains of the Caucasian region. The major cryogenic forms of mountainous landscape are depicted in figure 4. The modern area where cryogenic processes spread on the southern slope of the Central Caucasus (Georgia) forms 3.3 thousand km<sup>2</sup>, within the Republic of North Ossetia-Alanya – 5.4 thousand km<sup>2</sup>, but in Kabardino-Balkaria – 4.6 thousand km<sup>2</sup> (Bondyrev, Maisuradze, 1978). These processes are also widespread on the territory of the Pontides mountains and Iranian upland covering 14.2 thousand km<sup>2</sup> (figure 4).

The factors, defining the genesis and morphology of the forms of periglacial relief changes, depend on the height of the area (table 1). Three hypsometric levels are singled out:

1) The upper belt, which occupies the whole area of nival zone, is limited from underneath by snowline lying at a height of 3000-3200 m above the mean sea level. Here, frost

Table.1

**Cryogenic or periglacial phenomena**

Formations		I. Formations confined to the rocky soils					
Factors Influencing the Formation	Stone seas and covers		Stone flows and slide-rocks	Developed ridges of mountain ranges	Cave	Nivation formations	Migratory Snowfields
	Climate	Modern					
Aeolian processes	1. Stone mounds 2. Stone barrows 3. Stone covers "Chingils" 4. Stone deposits		1. Mudflow hotbeds and the hotbeds of supply of rock flows 2. Loose material of fissures and cracks 3. Stone rivers 4. Cones of slide-rocks 5. Kurums	1. Peaks 2. Cracks 3. Furrows 4. Gendarme 5. Couloirs 6. Cracks	1. Nivation mines	1. Nivation niches 2. Corridors 3. Nivation cars	
Nivation							
Frost weathering, destruction and desquamation	5. Stone seas					2. Ice build-ups on the walls and the floor of caves	
Freezing and crystallization	Relic						
Climate						3. "Eternal snows"	
II. Formations confined to coarse-grained soils and gravels							
		Buried snow-firn and ice masses	Thermokarst	Glacio-fluvial	Covers of the surface moraines		
Climate			1. Funnels 2. Slumps		Stone tables		Snow bridges
Freezing and crystallization		Buried ice crust					
Nivation		Buried snowfields			1. Surface moraines; 2. Rocky glaciers		Snowy shafts - Pseudomoraines
Frost weathering		The buried glaciers					
Solifluction				Furrows			
Fluvial and fluvio-glacial flows		Fossil glaciers					
Frost weathering							

III. Formations confined to fine fragmental and gravel soils					
	Polyconal-structural		"Stone Bridge" and banded ground		
Climate	Solifluction				5. Snowfields-migrants
Nivation		Micropolygons:			
Frost sorting soils in the "freeze-thaw, convection"		1. Fragmental-edging polygons 2. Singenetic polygons 3. Nets 4. Stone circles in the high mountain marshes	1. Stone "bridges" 2. Culled zones 3. Not culled zones 4. Stony "slate"		
Drying		Macropolygons			
Frost weathering		Relic		Masses of fine fragmental and gravel material	

weathering and gravitational talus processes largely take place which play the leading role in the formation of present day relief forms.

2) The middle belt is situated below the snow line and practically coincides with the alpine and sub-alpine landscape zones. The lower border is represented by the upper limit of distribution of forest vegetation and ranges within 1750-2300 m above the mean sea level, depending greatly on the existing specific conditions. Here, slope (solifluction, rock-streams, stone and snow avalanches, talus trains, and mud flows) and plane (polyconal-structural ground, (Figure 5.6) boulder pavement, thufurs) processes of periglacial morphogenesis prevail.

3) Relict cryogenic formations (fluvioglacial deposits and cryoturbation) are spread in the lower belt down to 1400-1600 m above the mean sea level.

Various formations of polygonal ground are distinguished among them. (figure 5). Krasnoslobodtsev [1971] singles out 208 alpine glaciers of different morphogenesis on the side and north spurs of the Lesser Caucasian range within a height of 2800-3000 m above the sea level. These formations are encountered very rarely on the south slopes-there are only 21 of them.

Wide spread morainic mantles and sheets and gravitational talus processes define the existence of numerous «fossil» glaciers (dead ice) on their part testifying the regression of glaciation processes. The value of seasonal freezing of soil ground is an important feature for the determination of main relief forming processes in high mountains. Information on these parameters helps decide engineering-geological, building, agro-biological and other problems.

Bondyrev [1979] theoretically determined the values of seasonal freezing depth for different points in the periglacial areas in Georgia, having minimum information on those areas. For this purpose the formula of Budnikov [1967] was used with some amendments to the high-mountainous relief characteristics, the height of snow cover and influence of wind [Bondyrev, 1979; Bondyrev and Sulkhaniashvili, 1989; Bondyrev and Maisuradze, 1982]. Comparison with the records of meteorological year-books of Hydro-meteorological Institute of Georgia on the depth of seasonal freezing showed little discrepancies (not



Figure.4. The most typical forms of nival-cryogenic relief wide-spread in the Caucasian region:  
 1-6 horn peaks (1 – tooth, 2 – peak; 3 – pyramid, 4 – cone, 5 – dome, 6 – needle), 7 – guards, 8 – nunatak;  
 9 – lava funnel; 10 – lava cone; 11 – snowbank; 12 – fissure; 13 – crevasse; 14 – chimney; 15 – bench;  
 16 – slab; 17 – cork; 18 – shelf; 19 – balcony; 20 – buried glaciers; 21 – corrie; 22 – blockseas; 23 – ice  
 table; 24 – rock stream; 25 – cones and boulder-trains; 26 – polygonal ground; 27 – solifluction terraces;  
 28 – solifluctive rampart; 29 – thufurs; 30 – «bald» thufurs; 31 – nival recesses.

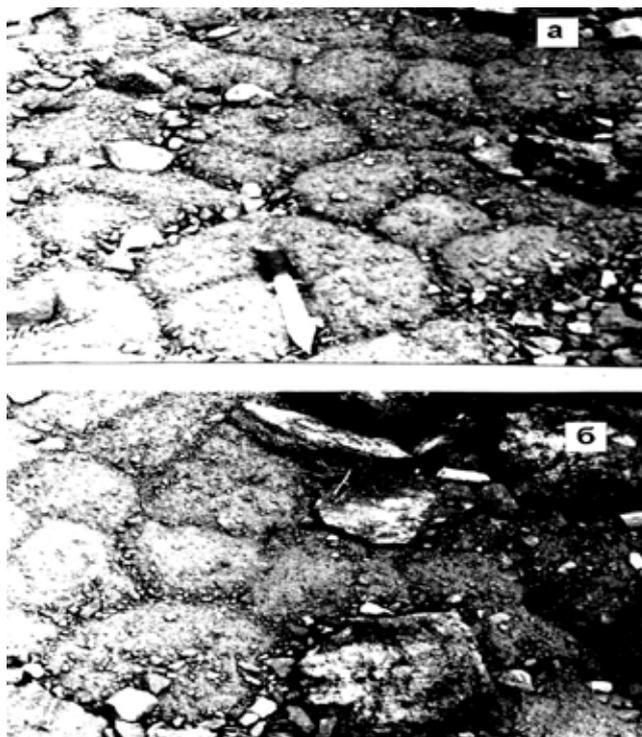


Figure 5. (a) Polygonal forms of south-east slope of Narvan-Khokh massif in plateau Keli; (b) and plain super face Shavdjina, Kazbegi massif

more than 3-6 cm). The records gained are well-founded only for sub-horizontal surfaces deprived of mantle and vegetative cover, with similar mechanical composition and equal humidity value. Calculations were carried using the formula:

$$h_{np} = 5k \left[ \sqrt{Tn - \frac{5\ell(n_1 + L)}{t\sqrt{H \times V}}} \right],$$

where  $\sqrt{Tn}$  is the Budnikov formula,  $k$  is the lithological coefficient, provisionally equal to unity,  $T$  is the mean air temperature during winter,  $t$  is the mean ground surface temperature during winter,  $n$  is the length of the period with temperature below zero,  $n_1$  is the same with temperature above zero during winter,  $H$  is the area altitude above mean sea level,  $V$  is the winter wind mean velocity, (m/sec), and  $L$  is the thickness of snow cover/average for winter [Bondyrev, 1979]. Table 2 illustrates the value of seasonal freezing of soil ground in a number of settlements in periglacial zone of Georgia.

#### 4. Classification of Periglacial Formations

We propose a new approach for classification of periglacial formations, based on «cryogenic formations» as the total cryogenic relief forms are joined by genetic (single mechanisms of formation) as well as regional features (characteristics of underlying surface and characteristics of soils) The given formations are characterized by the following regularities of their spatial distribution:

1) Formations related to the rocky ground occupy the belt of tops, ridges of watersheds and steep slopes of high mountains.

2) Formations related to the fine-ground and pebbles are mainly placed on gentle slopes and at the foot of mountain ridges and massifs within 2700-1900 m above the mean sea level.

Table 2

**The value of maximum seasonal freezing of ground in a number of settlements in periglacial zone of Georgia [Bondyrev, 1979]**

Settlement	H (Height above s.l.)	Mean winter temperature		N	l	Y	X	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
		T	t						
Tskhinvali	862	-0,7	-4,1	79	12	12	37	21	20 <sub>M</sub>
Tsalka	1458	-3,3	-5,0	85	24	26	83	73	69 <sub>П</sub>
Gagra ridge	1644	-1,4	-3,0	79	9	20	52	39	-
Omalo	1880	-7,9	-9,7	90	13	5	133	132	-
Lagodekhi	1997	-6,5	-9,3	89	50	30	118	115	-
Goderdzi pass	2026	-7,3	-9,0	90	124	40	130	55	50 <sub>П</sub>
Rodionovka	2100	-10,2	-10,2	90	9	40	131	130	130 <sub>M</sub>
Gudauri	2194	-6,9	-9,6	90	29	10	124	122	-
Ermani	2240	-7,5	-11,3	90	29	26	130	130	-
Jvari pass	2389	-9,2	-12,6	90	38	28	146	146	-
Mamison pass	2854	-11,4	-	90	5	34	160	160	-
Kazbegi	3653	-14,6	-	90	7	40	190	190	-

X – records gained per Budnikov formula; X<sub>1</sub> – our estimated data; X<sub>2</sub> – data of field observations and meteorological stations.

3) Formations related to the fine detrital and rock debris are well observed on the high mountain plateaus in the zone of Neocene-Quaternary volcanism.

4) Formations related to the loamy and turf/soddy/surfaces cover quite a large area, mostly alpine and sub-alpine meadows and alluvial soils of high mountain zone. (See the scheme of classification of periglacial formations of the Caucasus.).

Cryogenic formations of the Pontides mountains are presented by stone mentales and streams, formed of limestones and gypsum rocks (upstream of the Kharashat River) or granitoides (Kachkari massif), occupying steep slopes of watersheds within the range of heights 2300-3000 m above the mean sea level. Rock streams are merged at the foot with trail waste, forming impenetrable heaps. More gentle slopes as well as alpine meadow areas on flat tops are covered by powerful (0.5-1 m) stone placers of great extension (block seas). River valleys of narrow form do not promote the development of cryogenic slope processes there.

Amongst the processes of periglacial morphogenesis the leading role belongs to nivation, broad development of which is stipulated by high humidity. On average about 1000-1200 mm/year precipitation falls in the alpine zone of the Pontides and Arsian mountains.

Numerous snowbanks-pereletoks/intergelisols-are noted in low relief forms (crevasses, fissures, and small troughs) on the slopes of Kachkari massif, Maisis, Onut-daga, Kartsen-daga, Alti-Parmaka, Kvakhidi, and Triali peaks of the Pontides mountains as well as on the massifs of Khirkhata, Arsian, Shavshet (Arsian range). As a result of nivation blocks of shearing are formed similar to those described in mountainous Abkhazia [Bondyrev, 1987]. At places small fields of thufurs, stone circles and solifluctive terraces are noted on the Arsiani range.

Through constant observations in the Mleta polygone (the Aragvi River basin) the velocity of displacement of slope deposits is measured in a wide range (15 to 150 mm/

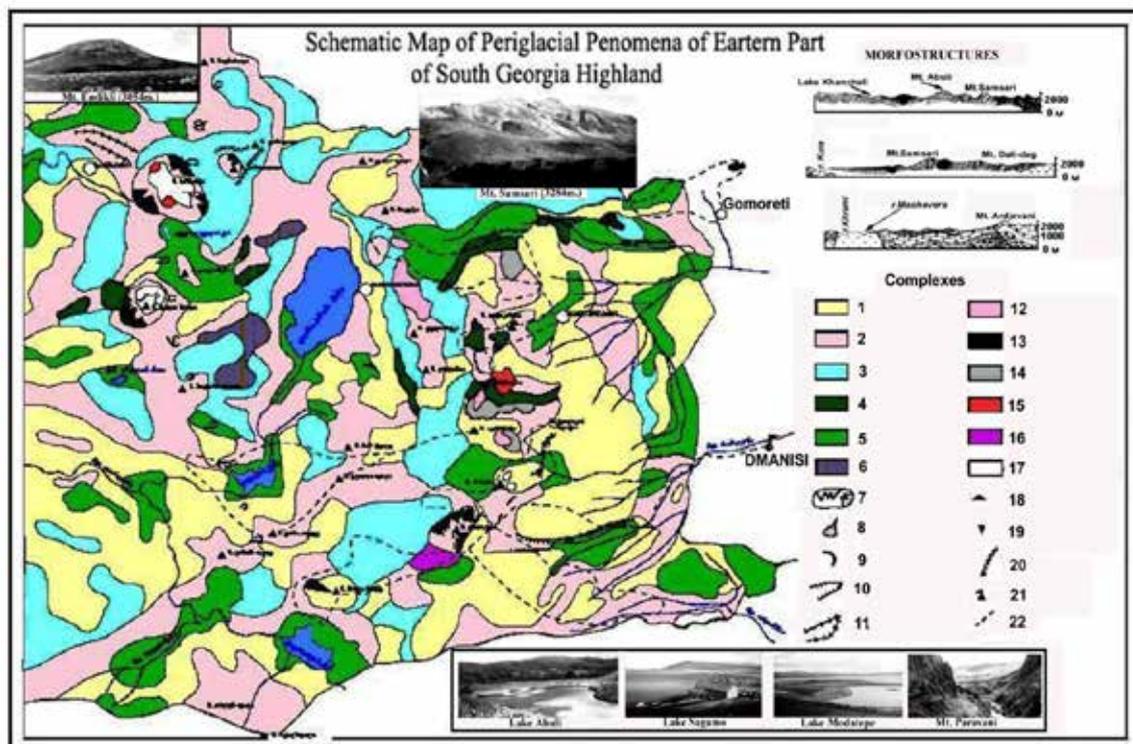


Figure 6. Periglacial Phenomena in the eastern part of Southern Georgia (Djavakheti): 1 – Hummochy-solifluction formations; 2 – Rock streams and talus; 3 – Block seas and mantles; 4 – «Bouldering» and rib boned ground; 5 – Peat-swampy; 6 – Peat-swampy on block seas and alluvial deposits; 7 – At the foot of large volcanic edifices and talus; 8 – Cone and boulder-trains; 9 – Corries and corrie like formations; 10 – Trough valleys; 11 – Lateral benches of lava streams with vector of lava flows; 12 – Snow banks – «pereletoks»; 13 – Buried – snow-firn masses; 14 – Snow hollows and nival recesses; 15 – Thermokarst; 17 – Glacial (relict); 18 – Caves; 19 – Frosty wedges; 20 – Stone walls (anthropogenic) constructed of block seas and mantle material; 21 – Main camp; 22 – Field itineraries.

year) depending on the slope steepness and turfy sheet. At some places solifluctive mudflows are of catastrophic nature, denuding basic rocks. These processes often disturb the integrity of vegetative cover, creating numerous horizontal micro bends on the slopes and furrow landscapes by cryogenic «scars» [Bondyrev, 1978; Bondyrev and Maisuradze, 1978; Iveronova, 1969].

## 5. Impact of Cryogenic Processes

For estimation of the impact and activity of cryogenic processes upon the natural environment the intensity of their displacement on the slope should first of all be estimated. As per the data of Iveronova [Iveronova, 1969] the intensity of displacement of boulder-train forms 0.029-0.190 mm/year, solifluction – 0.0001-0.170, and debris – 0.003-0.45 mm/year.

The processes of solifluction and frosty swelling of soils inflict a significant damage, breaking highways and destroying power transmitting lines. The processes of formation of thick clay and loamy series in high mountain regions gave rise to the interest long ago for their genesis and possibility of their use in national economy. Therefore, Bondyrev [1979] conducted a number of experiments studying the rate of frosty weathering in different type of rocks. A core sample No 1 was taken from the well on the Tbilisi site representing the carbonate fine-grained rock of Eocene age (marl), taken at 2574-2580 m



Figure 7. Panorama of the East Caucasus (a kind of image from the south)

depth. The other sample was a monolith of andezite-dacitic lava ( $\text{SiO}_2$ –50%) from the top of Emlikli massif (2750-2800 m above the mean sea level, Southern Georgia).

Table 3

**Experimental evaluation of the rate of frosty weathering of mountain rocks  
[Bondyrev, 1979]**

Number of version:	Mean amplitude of temperature fluctuation during the experiment	Area of frozen surface ( $\text{sm}^2$ )	Initial weight of sample (r)	Weight of frozen sample	Number of «freezing-thawing» cycle	Weight of disintegrated particles.	Velocity of disintegration of frozen surface a day/ $\text{gr}/\text{m}^2$ a day/	Velocity of disintegration / $\text{mm}/\text{year}$ /
1 – over-moistured	28.2°C	22.56	31.70	31.74	80	0.73	4.0514	0.288
2 – dry		31.34	41.10	41.47	80	0.07	0.2819	0.040
3 – over-moistured		34.23	41.94	42.03	70	0.53	2.2079	0.672
4 – dry		37.84	25.19	25.45	70	0.10	0.3790	0.047

Conditions, especially similar to those of high mountain natural conditions, were created. Experiments went on for 31 days. About 315 regimes «freezing-thawing» changed one after another. As a result it became likely possible to find the decisions of such issues as estimation of the rate of disintegration of mountain rocks under frosty weathering. Estimated data is given in table 3, estimating the rate of frosty weathering of separate units depending on the lithology of mountain rocks and the extent of their moistening. On the basis that the processes of frosty weathering within the region under study develop almost in similar conditions, it becomes possible to use the estimated data of the experiment for

estimation of similar parameters in the natural High Mountains, with allowance for microclimatic peculiarities and making some amendments.

### References

1. Bondyrev I. V. (1978). On the tufur's of the Caucasus, in «Cryogenic phenomena's of the Highlands “, Novosibirsk: «Nauka (Science)», pp. 36-42.
2. Bondyrev I. V. (1979). Calculation of seasonal frozen soil-ground in Georgia. Abstracts of the resulting scientific session of the Vakhushti Bagrationi Institute of Geography, Academy of Science of Georgia, Tbilisi, pp. 23-24.
3. Bondyrev I. V. (1987). The main problems of the study and development of the mountain regions of Georgia, Tbilisi: Overview of the State Committee on Science and Technology, 68 p.
4. Bondyrev I. V. and Maisuradze G. M. (1978). Some features of dynamics of morphogenesis and spatial placement of frozen ground in the Caucasus, in «Cryogenic phenomena's of the Highlands “, Novosibirsk: Nauka (Science)», pp. 43-59.
5. Bondyrev I. V. and Maisuradze G. M. (1982). The essay of study and peculiarities of spatial distribution of the frozen-glacial relief forms, beyond the Caucasus border. «Quaternary System of Georgia», (XI Intern. Congr. Quater. Moscow, 1982), Tbilisi, Metsniereba, 74-88 p. (in Russian).
6. Bondyrev I. V. and Sulkhaniashvili G. S. (1989). Experimental study of mechanics of frost weathering of mountain rocks. Bull. Tbilisi Polytechnic Univ., Sufl. «Hydrogeology and Engineering Geol.», № 12 (354), pp. 19-25 (in Russian).
7. Iveronova M. I. (1969). Experience on contemporary of the quantitative analysis the denudation processes. Proceedings of the Academy of Sciences URSS, Ser. «Geography», № 2, pp. 34-39.
8. Krasnoslobodtcev I. S. (1971). The stone glacier's the Great Caucasus // «Messenger of the Moscow State University», № 1, pp. 95-96 (in Russian).

## ЛЕДНИКОВЫЕ И ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ГРУЗИИ

© 2013 И.В. Бондырев

Тбилисский государственный университет им. И. Джавахишвили, институт географии им. Вахушти Багратиони, 0179, г. Тбилиси, Грузия, пр. Чавчавадзе, 1,  
e-mail: example@tsu.ge

В горах Грузии зарегистрировано около 786 ледников. Обсуждаются возможные последствия человеческой деятельности в целом геодинамической системы на Кавказе. Изучены география ледников, таяние ледников, лавин, криогенные процессы, классификация перигляциальных образований.

**Ключевые слова:** ледники, снежные лавины, криогенные процессы

---

## ИНТЕРВЬЮ

---

### ДЖОН КАРАПЕТЯН: НОРМЫ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ПЕРЕСМАТРИВАЮТСЯ

7 декабря Армения отметила 25-ю годовщину Спитакского землетрясения. Прошло уже четверть века, но страшные события 1988 года вызывают тяжелые воспоминания. Об этой катастрофе и о том, что изменилось с тех пор в мире сейсмологии в интервью газете «Голос Армении» рассказал директор гюмрийского Института геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА, кандидат геологических наук Джон КАРАПЕТЯН

– Г-н Карапетян, какими исследованиями занимается ваш институт?

– Основные научные направления нашего института – геофизика, проблемы инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства, что очень актуально для нашей республики, вся территория которой представляет собой сейсмоопасную зону. Кроме того, в наши исследовательские задачи входит изучение внутреннего строения земной коры, выявление и картирование сейсмоопасных зон на территории Армении и оценка сейсмической опасности на основании полученных данных, что, собственно, является главной задачей нашего института. Другое направление – изучение основных очаговых зон, процессов подготовки и физики очага землетрясений. В числе наиболее актуальных задач инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства – совершенствование оценки количественных параметров сейсмического воздействия, а также теория и практика сейсмостойкого строительства. Сегодня в Армении, России и ряде стран СНГ нормы сейсмостойкого строительства пересматриваются и приводятся в соответствие с задачами безопасности. А поскольку тут наши научные интересы совпадают, мы тесно сотрудничаем со специалистами из Центра геофизических исследований Владикавказского научного центра РАН, выполняем совместные проекты. Реализуется и совместный научный проект с Агротехническим университетом Казахстана. Работы по сейсмическому мониторингу, оценка безопасности крупных водохранилищ актуальны как для Казахстана, так и Армении. Осуществляется проект по проведению мониторинга зданий и сооружений Еревана и Гюмри. С использованием инструментальных данных и современных подходов мы выявляем имеющиеся повреждения, которые могут привести к разрушениям во время землетрясения. На основании этих данных проводятся соответствующие работы по повышению сейсмостойкости.



– **Работа вашего института чрезвычайно актуальна. У вас есть необходимое оборудование для получения достоверных данных?**

– В структуре нашего института функционирует отдел геофизического приборостроения с опытным производством. Там разрабатываются и изготавливаются современные приборы, которые используются при исследованиях в сферах сейсмологии, сейсмостойкого строительства и геофизики. Сегодня одна из наших актуальных задач – привести метрологические данные этих приборов в соответствие с международными стандартами. Это позволит продавать разработанные и произведенные в нашем институте приборы за пределами Армении, по крайней мере в России и Казахстане, где они очень востребованы в сейсмоактивных зонах.

– **Что мешает реализации этой задачи?**

– Причины тривиальные – это, как всегда, ограниченное финансирование и отсутствие необходимых условий. Если правительство Армении серьезно воспримет эту задачу и примет соответствующие меры, мы не только сможем решать задачи сейсмологии и сейсмостойкого строительства на современном уровне, но и, как я уже говорил, обеспечим реализацию этой продукции и достаточно серьезный доход институту. Разумеется, необходимо решать и вопросы маркетинга. В этом направлении уже предприняты конкретные шаги. Я подготовил программу по маркетингу, которая уже реализуется.

– **Существуют ли признаки, по которым можно прогнозировать землетрясение?**

– Мы занимаемся исследованиями этих вопросов, в основном разработкой методических подходов к решению этой сложной проблемы. У нас есть отдел сейсмологии и предсказания землетрясений, но на современном уровне развития науки невозможно полностью доверять этим данным. На их основании в ведущем московском Институте физики земли Российской академии наук было предсказано японское землетрясение 2011 года, но были допущены ошибки в сроках и по магнитуде геологического события.

– **Вы имеете какие-то гранты?**

– Мы выполняем грант Государственного комитета по науке Армении. Это проект по обнаружению нелинейных явлений на инструментальных записях, касающийся аномальных ускорений. Эти данные свидетельствуют о том, что надо усовершенствовать шкалу сейсмической интенсивности. В задачи исследования входит выяснение ряда вопросов, связанных с причинами этих аномальных явлений. Необходимо определить – это локальные особенности территории или ускорение обусловлено движением литосферных плит.

– **А как у вас с кадрами?**

– Это одна из очень серьезных проблем. В нашем институте работают порядка 90 сотрудников, среди них достаточно много специалистов высокой квалификации, но большинство из них – люди старшего поколения. Молодых сотрудников очень мало и лишь единицы из них имеют научную степень. Чтобы институт имел возможность полноценно работать, необходимо безотлагательно готовить научные кадры нового поколения. Я стал директором института недавно. В программе, которую я представил, наряду с другими – задача создания условий для подготовки научных кадров, организация в нашем институте магистратуры. Важно использовать имеющиеся ресурсы, сохранить и развивать научную школу геофизики и инженерной сейсмологии, созданную академиком А. Г. Назаровым, имя которого носит наш

институт. У нас еще сохранились специалисты, которые могли бы передавать свои знания молодым и активно участвовать в подготовке новых научных кадров. И, конечно же, необходимо приобретать современные знания, быть в курсе последних достижений науки, чтобы получать конкурентоспособные результаты.

**– Во время землетрясения здание вашего института было разрушено, удалось ли решить эту проблему?**

– К сожалению, пока нет. Вот уже 25 лет коллектив института продолжает работать во временках. Но надежда на решение этого вопроса достаточно реальна. Нам обещали, что в 2014 году будут полностью завершены строительные работы и мы перейдем в новое здание. Это не только обеспечит нам нормальные условия для работы, но и будет способствовать расширению научных и коммерческих контактов. Когда к нам приезжают коллеги из других институтов и видят, в каких условиях мы работаем, это не только производит на них удручающее впечатление, но и вызывает недоверие к результатам наших исследований. На самом деле, достаточно сложно себе представить, что в этих условиях можно полноценно работать.

**– После землетрясения у вас появились новые направления исследований?**

– В основном мы продолжаем работу по традиционным направлениям, но спитакский опыт показал, что нужна современная аппаратура, чтобы располагать более точными данными по исследуемым проблемам. Предсказать землетрясение, по крайней мере его время, невозможно, но строительство при неукоснительном соблюдении требований сейсмостойкости может если даже не полностью гарантировать безопасность, то по крайней мере свести к минимуму количество разрушений и жертв

**– Вы занимаетесь проблемами сейсмостойкого строительства, разработкой адекватных строительных норм. Ваши результаты находят практическое применение?**

– Существуют строительные нормы Республики Армения. И строители их учитывают. Другое дело – насколько эти нормы гарантируют безопасность. А это комплексная проблема. Появляются новые данные и подходы, современные материалы, необходимо очень оперативно внедрять последние результаты исследований, постоянно корректировать строительные нормы, создать группу, в которую войдут самые компетентные специалисты по сейсмостойкому строительству. Эта группа должна очень строго контролировать соблюдение повышающихся строительных норм, активно внедрять положительный опыт других стран.

Строительные нормы существовали и в советское время. Но, как показал трагический опыт Спитакского землетрясения, такое огромное количество жертв обусловлено не только нарушением этих норм, но и их изначальным несоответствием требованиям безопасности. Я занимался исследованиями японского землетрясения 2011 года и даже опубликовал по этим вопросам несколько статей. При значительно более высокой магнитуде землетрясение в Японии не вызвало разрушений и жертв. Проблемы на Фукусиме были вызваны не землетрясением, а цунами. А значительно более слабое Спитакское землетрясение повлекло за собой колоссальные жертвы. Повторюсь еще раз: нужны более точные расчеты по сейсмостойкости, новые конструкторские решения, необходимо использовать самые современные материалы и технологии. Укротить стихию – не в наших силах, гарантией безопасности могут стать только грамотные подходы к строительству.

**Беседу вела Гаянэ Сармакешян, <http://golosarmenii.am/>**

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Объем статей не должен превышать 12 страниц текста, оформленного в соответствии с Правилами.

На первой странице должны быть указаны: УДК (шрифтом Times New Roman, размером 12, выравнивание по левому краю); название статьи на русском языке (прописными буквами, без кавычек, переносы не допускаются, точка в конце не ставится, подчеркивание не используется, выравнивание по центру), кегль 14 полужирный, выравнивание по центру; инициалы и фамилии авторов (кегль 12 полужирный курсив, выравнивание по центру); название учреждения, место работы всех авторов, и контактная информация для переписки (почтовый адрес, адрес электронной почты); аннотация статьи на русском языке и ключевые слова

Текст статьи набирается шрифтом Times New Roman размером 12 пт через одинарный интервал, выравнивание по ширине, без расстановки переносов. Подзаголовок – полужирный размером 12 пт, выравнивание по левому краю. При написании статьи используются общепринятые термины, единицы измерения и условные обозначения, единообразные по всей статье. Расшифровка всех используемых авторами обозначений дается при первом употреблении в тексте. Буквы латинского алфавита набираются курсивом, буквы греческого и русского алфавитов – прямым шрифтом.

Формулы создаются с помощью встроенного редактора формул (Microsoft Equation) с нумерацией в круглых скобках – (2), выравниваются по правому краю, расшифровка всех обозначений (букв) в формулах дается в порядке упоминания в формуле. Большие формулы необходимо разбивать на отдельные фрагменты. Фрагменты формул по возможности должны быть независимы (при использовании формульного редактора каждая строка – отдельный объект). Нумерацию, и по возможности, знаки препинания следует ставить отдельно от формул обычным текстом.

Таблицы, рисунки, фотографии размещаются внутри текста и имеют сквозную нумерацию по статье. Названия всех рисунков, фотографий и таблиц приводятся на русском языке, 11 кегль. Нумерация обозначений на рисунках дается по порядку номеров по часовой стрелке или сверху вниз. Рисунки с большим количеством деталей (сложные схемы, графики) размещаются на всю ширину страницы (16,5 см). Рисунки также должны быть предоставлены отдельными файлами в формате TIFF или JPEG с разрешением 300 dpi для контрастных черно-белых рисунков и 600 dpi – для полутонных. Цветные иллюстрации допускаются по согласованию с редакцией.

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим ГОСТам.

Перечень литературных источников приводится общим списком в конце статьи. Список составляется по алфавиту, сначала следуют источники на русском, затем – на английском. Литература должна быть оформлена согласно ГОСТ 7.1–2003. Отсылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках в строку с текстом документа. Допускается использование кратких библиографических ссылок согласно ГОСТ Р 7.0.5–2008. Если ссылку приводят на документ, созданный одним, двумя или тремя авторами в отсылке указывают фамилии авторов, если на документ, созданный четырьмя и более авторами – указывают фамилию первого автора и сокращение «и др.» («et al.» для документов на языках, применяющих латинскую графику); если авторы не указаны – указывают название документа; далее указывают год издания и при необходимости сведения дополняют указанием страниц. Сведения в отсылке разделяют запятой. Если отсылка содержит сведения о нескольких ссылках, группы сведений разделяют знаком точка с запятой. В отсылке допускается сокращать длинные заглавия, обозначая опускаемые слова многоточием с пробелом до и после этого предписанного знака.

## Приложения к статье

1. Аннотация (на отдельной странице – не более 100 слов). В ней не рекомендуется использовать формулы и ссылки на литературу. Если рукопись подается на русском языке, то аннотация должна быть продублирована на английском с указанием названия статьи, фамилий и инициалов авторов на этих языках. Если рукопись подается на английском языке, необходимо привести также аннотацию на русском. Аннотация печатается шрифтом Times New Roman (12 кегль) в одном файле в следующем порядке: название статьи, авторы, наименование организации, текст аннотации на русском языке, ключевые слова; далее, через 2 строки, в той же последовательности – на английском языке. Аннотация также публикуется на сайте журнала (на русском и английском языках).

2. Резюме (на отдельной странице) на русском и английском языках печатается шрифтом Times New Roman (10 кегль) и должно содержать следующую информацию:

- фамилия, имя, отчество всех авторов полностью (на русском и английском языке);
- полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город (на русском и английском языке). Если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно;
- адрес электронной почты для каждого автора;
- корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов);
- опционально: подразделение организации, должность, научное звание, ученая степень, награды и научные премии, профессиональный опыт, основной круг научных интересов, количество публикаций каждого из авторов.

3. Текст реферата (одна страница) для опубликования в реферативных журналах (РЖ) ВИНТИ. Параметры страницы: формат А4 (210×297 мм); межстрочный интервал полуторный; шрифт Times New Roman (12 кегль) в одном файле в следующем порядке: наименование статьи, авторы, наименование организации, реферат на русском языке; далее, через 2 строки, в той же последовательности – на английском языке.

4. Справка из отдела аспирантуры (для аспирантов). Плата с аспирантов (единственный автор) за публикацию рукописей не взимается.

Тексты статей могут быть высланы в *tar* или *zip* архиве (каждая статья отдельно) по электронной почте на адрес редакции [southgeo@mail.ru](mailto:southgeo@mail.ru).

В архиве должны присутствовать следующие файлы:

- текст статьи, включая формулы, таблицы, рисунки, подрисуночные подписи, список литературы,
- иллюстрации в формате TIF или JPG, которые должны быть именованы таким образом, чтобы было понятно, к какой статье они принадлежат и каким по номеру рисунком статьи они являются. Каждый файл должен содержать один рисунок.
- аннотация на русском и английском языках;
- реферат на русском и английском языках;
- резюме на русском и английском языках;

Редакция не возвращает авторам присланные материалы равно как на бумажных, так и на электронных носителях.

**ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА  
ЮГА РОССИИ  
(№4. 2013г.)**

Подписано в печать 11.11.2013 г. Формат 60×84 1/8.

Усл. печ. лист 8,4. Гарнитура «Times».

Бумага офсетная. Печать цифровая. Тираж 100 экз.

**Издание зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств  
массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС77-44273 от 17 марта 2011 г.**

Издатель:

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Центр геофизических исследований Владикавказского научного центра Российской академии  
наук и Правительства Республики Северная Осетия-Алания**

Адрес редакции:

362002, РСО-А, г. Владикавказ, ул. Маркова 93а

тел. 8 (8672) 764084; факс 8(8672) 764056

e-mail: southgeo@mail.ru

<http://cgiras.ru/southgeo>

Отпечатано ИП Цопановой А.Ю.

362000, г. Владикавказ, пер.Павловский, 3.