

ISSN 2221-3198

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА ЮГА РОССИИ

№ 4 / 2014 Том 2



Главный редактор

д.ф.- м.н., проф. В.Б. Заалишвили (ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А)

Заместитель главного редактора

д.ф.- м.н., проф. И.А. Керимов (КНИИ РАН)

Редакционный совет

академик РАН В.А. Бабешко (ЮНЦ РАН)

академик РАН А.Д. Гвишиани (ГЦ РАН)

академик РАН М.Ч. Залиханов (ГУ ВГИ)

академик РАН Ю.Г. Леонов (ГИН РАН)

академик РАН С.А. Федотов (ИФЗ РАН)

член-корр. РАН А.В. Николаев (ИФЗ РАН)

Редакционная коллегия

д.г.- м.н., проф. М.Г. Бергер (ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А)

д.г.- м.н. Р.М. Багатаев (Дагестаннедра)

к.г.-м.н. М.Г. Даниялов (ДФ ГС РАН)

д.т.н., проф. Х.Н. Мажиев (КНИИ РАН)

д.т.н. П.Е. Марченко (КБНЦ РАН)

д.т.н., проф. И.Д. Музаев (ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А)

д.г.- м.н., проф. С.Г. Парада (ЮНЦ РАН)

д.г.- м.н., проф. Н.И. Пруцкий (ОАО «Кавказгеолсъемка»)

д.г.- м.н., проф. Е.А. Рогожин (ИФЗ РАН)

д.ф.- м.н., проф. Ю.К. Чернов (СевКав ГТУ)

д.г.- м.н. В.И. Черкашин (ИГ ДНЦ РАН)

Ответственный секретарь

и.о. М.В. Майсурадзе (ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А)

Выпускающий редактор

Л.Н. Невский (ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А)

Журнал издается с 2011 года.

Периодичность издания -

4 номера в год

Учредители:

Владикавказский научный центр РАН и РСО-А

Дагестанский научный центр РАН

Кабардино-Балкарский научный центр РАН

Южный научный центр РАН

Комплексный научно исследовательский институт РАН

Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А

ISSN 2221-3198

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 29119

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

© Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А, 2014

© Заалишвили В.Б. (ред.), 2014

Фото на обложке: Геналдонское ущелье (К.С. Харебов).

СОДЕРЖАНИЕ

Алборов И.Д., Заалишвили В.Б., Бекузарова С.А., Бурдзиева О.Г. РЕАНИМАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ЗЕМЕЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ.....	3
Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Кануков А.С., Майсурадзе М.В. ВЛИЯНИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	8
Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С. БАЗА ДАННЫХ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ “ВЛАДИКАВКАЗ”	14
Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Симакин А.Г., Рыжанов О.Н. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ.....	19
Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Шемпелев А.Г. ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НАД ЭЛЬБРУСОМ И КАЗБЕКОМ... 	27
Заалишвили В.Б., Невская Н.И. СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ	34
Заалишвили В.Б., Тигиева З.В. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ДЖИМИДОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	41
Заалишвили В.Б., Харебов К.С., Харебов А.К. РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ СИЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ.....	48
Забирченко Д.Н., Лаврищев В.А. ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ И СЕЙСМИЧНОСТИ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА.	58
Келоев Т.А., Гудиева И.Н. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ РУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ГОРНЫХ РЕГИОНАХ.....	70
Козырев Е.Н., Симакин А.Г., Шепелев В.Д. ЭЛЕМЕНТЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ.....	78
Певнев А.К., Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. О МОДЕРНИЗАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ВЛАДИКАВКАЗСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПРОГНОЗНОМ ПОЛИГОНЕ	84
Певнев А.К., Заалишвили В.Б. О ПРИЧИНАХ КОРОВОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ МЕТОДАМИ РЕШЕНИЯ ПРЯМЫХ ЗАДАЧ	91
Шемпелев А.Г., Кухмазов С.У., Заалишвили В.Б., Невский Л.Н. РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПО АДЫГЕЙСКОМУ ПРОФИЛЮ.....	100

НАШИ ГОСТИ

Бондырев И.В., Церетели Э.Д., Али Узун, Заалишвили В.Б. ОПОЛЗНИ ЮЖНОГО КАВКАЗА.....	105
--	------------

CONTENTS

Alborov I.D., Zaalishvili V.B., Bekuzarova S.A., Burdzieva O.G. RECOVERY OF TERRITORIES POLLUTED BY OIL PRODUCTS IN THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA	3
Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B., Beriev O.G., Kanukov A.S., Maysuradze M.V. MINING ACTIVITY INFLUENCE ON ENVIRONMENT POLLUTION	8
Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Kanukov A.S. DATABASE OF SEISMIC OBSERVATION NETWORK “VLADIKAVKAZ”	14
Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Simakin A.G., Ryzhanov O.N. WORK MAINTENANCE OF TELEMETRIC SYSTEM OF SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS UNDER EXTREME CLIMATIC CONDITIONS OF HIGH-MOUNTAIN	19
Zaalishvili V.B., Nevskaia N.I., Nevski L.N., Shempelev A.G. CHARACTERISTICS OF GEOPHYSICAL FIELDS ON THE ELBRUS AND KAZBEK	27
Zaalishvili V.B., Nevskaia N.I. SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC NORTH OSSETIA-ALANIA.....	34
Zaalishvili V.B., Tigieva Z.V. GEOCHEMICAL POLYMETALLIC DZHIMIDON LAYER STUDIES RESULTS	41
Zaalishvili V.B., Kharebov K.S., Kharebov A.K. STRONG MOTION DATABASE DESIGN.....	48
Zabirchenko D.N., Lavrishchev V.A. 3-D MODELLING OF DEEP STRUCTURE AND SEISMICITY OF NORTH- CAUCASIAN REGION.....	58
Keloev T.A., Goudieva I.N. AGGREGATION OF THE ORE MINERALS GEOPHYSICAL PROSPECTING METHODS IN THE MOUNTAIN REGIONS	70
Kozyrev E.N., Simakin A.G., Shepelev V.D. ELEMENTS OF SOLAR BATTERIES AND AUXILIARY COMPONENTS FOR TELEMETRIC COMPLEX OF DATA TRANSFER IN MOUNTAIN REGIONS	78
Pevnev A.K., Zaalishvili V.B., Melkov D.A. ON THE GEODETIC STUDIES MODERNIZATION ON THE VLADIKAVKAZ GEODYNAMIC FORECAST POLYGON	84
Pevnev A.K., Zaalishvili V.B. ON THE REASONS OF EARTH CRUST SEISMICITY AND POSSIBILITY OF THE EARTHQUAKES FORECAST BY THE SOLUTION METHODS OF THE STRAIGHT PROBLEMS	91
Shempelev A.G., Kuhmazov S.U., Zaalishvili V.B., Nevski L.N. RESULTS OF GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS ON ADYGEYA PROFILE.....	100

OUR GUESTS

Bondyrev I.V., Tsereteli E.D., Ali Uzun, Zaalishvili V.B. LANDSLIDES OF THE SOUTHERN CAUCASUS	105
---	-----

УДК 631.95:631.8

РЕАНИМАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ЗЕМЕЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ

© 2014 И.Д. Алборов¹, д.т.н., проф., В.Б. Заалишвили², д.ф.-м.н., проф.,
С.А. Бекузарова^{2,3}, д.с.-х.н., О.Г. Бурдзиева², к.г.н.

¹Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, 362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, e-mail: info@skgmi-gtu.ru; ²Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ³Горский государственный аграрный университет, Россия, 362040, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37

В статье приведены результаты проведенных исследований по реабилитации нефтезагрязненных земель с использованием субстрата местных агроруд.

Ключевые слова: загрязненные нефтью почвы, качество продукции, глина ирлит, меласса, биопрепарат линекс, албекулит.

Почвенный покров засушливой подзоны (Моздокский район РСО-Алания), загрязненный нефтепродуктами представлен в основном каштановыми, темно-каштановыми и лугово-каштановыми почвами. Известно, что нефть в значительных концентрациях в почве сдерживает процесс развития растений. Происходит нарушение обмена веществ, замедляются процессы развития, изменяются морфологические признаки организма, снижается качество продукции выращиваемых сельскохозяйственных культур [Черняховский, 2005; Столяров и др., 1995; Бударов, 2011].

Для улучшения состояния почв, загрязненных нефтью применяют различные мелиоранты и в качестве минеральных компонентов – цеолит, сапропель, бентонитовые глины и другие вещества [Белоусова, Васильев, 2007; Заалишвили и др., 2010].

Однако известные технологии без использования фиторемедиантов, то есть растений, восстанавливающих почву, высокозатратны и недостаточно эффективны.

С целью реабилитации загрязненных нефтью почв и повышения эффективности применяемой технологии использовали цеолитсодержащие глины местного происхождения, включающие комплекс макро- и микроэлементов с добавлением отходов сахарного производства меласса и биопрепарата Линекс в следующем соотношении компонентов (в %): глина диалбекулит – 38; глина ирлит-1-28; глина ирлит-7-16; меласса – 8; биопрепарат Линекс – 2.

Преимущество предлагаемого сорбента заключается в том, что цеолитсодержащие глины местного происхождения и расположены в притоках реки Терек, в верхней и нижней части, имеющие различный химический состав. Запасы указанных природных агроруд прослеживаются в лесистой зоне на сотни километров восточного склона Кавказских гор и исчисляются десятками миллионов тонн, мощностью от первых метров до 200 м и более.

Глина диалбекулит состоит из кремния (46,5%), железа (7,1%), калия (1,1%), кальция (37%), кобальта (0,1%), цинка (1,1%), никеля (1,7%), фосфора (1,7%). Реакция среды щелочная (рН – 9,1).

Ирлит-7, в отличие от диалбекулита содержит: кремний – 54%, алюминий – 16%, железо – 4%, серу – 2,5%, калия – 2%, жизненно необходимые элементы (медь, кобальт, молибден, цинк, селен) в пределах 0,1-0,9%. Реакция среды кислая (рН – 3,8).

Ирлит-1 состоит из кремния (54%), алюминия (28%), железа (7%), серы (2%), кальция (3%), магния (1,7%), марганца (1,7%), калия (2,1%), натрия (1,1%), серы (0,8%). Реакция среды нейтральная. Все глины имеют высокие сорбционные свойства из-за значительного содержания кремния (46–54%), способности сорбировать влагу и другие вещества.

Сочетание глины с различной реакцией среды выравнивают действие микроэлементов. Кремний способствует высвобождению для растений фосфора за счет вытеснения его ионов из труднорастворимых фосфатов почвы, при этом анионы кремневой кислоты способны блокировать свободные карбонаты почвенного раствора, что снижает ретроградацию растворимых фосфатов. Кремнийсодержащие глины повышают подвижность фосфора, следовательно, внесение глин с высоким содержанием кремния восстанавливает фосфорные соединения, снижая тем самым количество нефтепродуктов в почве.

Глина диалбекулит отличается от других известных цеолитсодержащих веществ более легким удельным весом (1,4-1,45 г/см³), что и обуславливает особенность ее минерального состава (наличие большого количества гидрослюд). Диалбекулит содержит заметное количество водорастворимых солей, приближаясь по этому показателю к низкоминерализованным иловым сульфидным гязям, обладающих высокими сорбционными свойствами.

Поэтому в составе предлагаемой смеси эти глины преобладают (38–40%). Учитывая состав других видов глин (ирлит-1 и ирлит-7), их реакцию среды и комплекс микроэлементов, дополняющих глину диалбекулит в предлагаемых пропорциях, обоснована дозировка каждого вида.

Биопрепарат Линекс – комбинированный препарат, который состоит из трех компонентов природной микрофлоры (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium infantis*, *Enterococcus*), устойчивых к химическим препаратам.

Данный препарат обычно применяют для выравнивания микрофлоры кишечника живых организмов. Молочнокислые бактерии, входящие в состав Линекса, поддерживают и реагируют физиологический процесс микроорганизмов в почве.

Вносимая меласса – отход сахарного производства, содержит 20-25% воды, около 9% азотистых соединений, преимущественно амидов, 58-60% углеводов, главным образом сахара и 7-10% золы. Используется как углеводистый корм. В данном объекте – как средство питания для молочнокислых бактерий препарата Линекс.

Способность глин сохранять влагу, тепло, создают благоприятные условия для развития микроорганизмов в почве. Содержащиеся в глинах сера и другие, жизненно необходимые элементы, обеспечивают деятельность анаэробных микроорганизмов типа Линекс.

Состав для мелиорации готовили следующим образом: глины диалбекулит (приток реки Терек – Урсдон) в количестве 3,8-4,0 т/га смешивали с ирлит-1 (2,8-3,2 т/га) и ирлит-7 (1,6-2,0 т/га) – происхождения Алагирского района реки Фиагдон. Ме-

лассу в количестве 0,8-1,2 т/га смешивали с биопрепаратом Линекс в количестве 0,02-0,04 т/га непосредственно перед внесением.

Все виды глин – агроруд обладают общими свойствами: сорбционные, водопоглощающие, длительное сохранение тепла, содержание редких питательных для биоорганизмов веществ. Одним из наиболее ценных свойств цеолитов является селективное поглощение ими катионов тяжелых металлов.

Следовательно, использование этих природных каркасных алюмосиликатов местного происхождения являются низко затратным сорбентом при улучшении нефтезагрязненных земель, и имеет промышленную применимость. На территории Северного Кавказа было открыто несколько видов цеолитсодержащих глин (тереклит, аланит, ирлит-1, ирлит-7, лескенил), которые различаются по химическому составу и широко используются в медицине, ветеринарии, агрономии и других сферах народного хозяйства.

При использовании этих глин – агроруд учитывали питательные вещества, обогащающие почву (кремний, алюминий, железо, сера, кальций, магний, марганец, калий), которые необходимы для восстановления плодородия почв и питания растений.

Реакция среды ирлит 1 (рН – 7,1), – нейтральная, так как источник расположен ближе к карбонатным черноземам, имеющим такую же реакцию. У ирлита-7 водородный показатель (рН – 3,8) кислый, так как расположен вблизи выщелоченных черноземов.

Глина диалбекулит открыта геологами недавно и расположена в русле реки Урсдон (приток Терека) имеет щелочную реакцию (рН – 9,1) и, в отличие от ирлитов, содержит большое количество кальция (37%), достаточное количество фосфора (1,7%).

Все три компонента глин по составу дополняют необходимые в почве вещества.

Указанные виды глин по составу не достигают 100% содержания, так как не все элементы приводятся, а только те, которые необходимы для реабилитации почв. Под действием окружающей среды и природных катастроф химический состав

Таблица

Влияние цеолитсодержащих глин на снижение нефтезагрязненных веществ в почве

Варианты опытов	Углеводы, м ² /кг	Концентрация нефтезагрязняющих веществ, г/кг	Снижение нефтезагрязняющих веществ, %
Загрязнение нефтепродуктами (контроль)	2048	65,0	–
Глина диалбекулит	1421	41,2	36,7
Глина ирлит-1	1756	52,4	19,9
Глина ирлит-7	1814	56,8	13,6
Смесь 3-х глин	918	36,2	44,4
Смесь 3-х глин + меласса	826	28,5	56,2
Смесь 3-х глин + Линекс	586	25,4	60,3
Предлагаемый вариант (смесь 3-х глин + меласса + Линекс)	350	13,2	72,0

агроруд может изменяться, главным элементом в них является сорбирующий кремний составляющий около 50% [Алборов и др., 2013].

Перед внесением в почву измельченные глины размещали в сеялке смеси с мелассой и Линексом и вносили непосредственно в почву на глубину 10-15 см.

Результаты опытов после одноразового внесения такого количества сорбента (9-10 т/га) показали, что значительно снизилось содержание в почве нефтепродуктов. Результаты опытов сведены в таблицу (в 0-20 см слое почвы спустя 6 недель после внесения).

По стандарту AFNOQ 90114 уровень углеводородов не должен превышать 500 мг/кг почвы. Как следует из приведенных в таблице данных, предлагаемый вариант обеспечивает снижение углеводородов до 350 мг/кг. При этом количество нефтезагрязняющих веществ снижается на 72%.

По результатам исследований выявлено, что в сельскохозяйственных продуктах (картофель, кукуруза и пшеница) при использовании предлагаемого способа количество вредных веществ отсутствовало и составляло в пределах допустимых концентраций.

Следовательно, внесение различных по содержанию видов глин в смеси с биопрепаратами и мелассой обеспечивает мелиорацию почв, загрязненных нефтью и качество полученной продукции.

Литература

1. Алборов И.Д., Таймасханов Х. Э., Бекузарова С.А. и др. Изобретение «Сорбент-мелиорант для очистки загрязненных нефтью земель». Патент № 2496820. выдан 27.10. 2013 МПК С09К17/40.
2. Белоусова А.В., Васильев С.М. Изобретение «Сорбент-мелиорант для очистки почв». Патент № 2303623 от 27.07.2007. МПК С09К17/00.
3. Бударов А.О. Влияние нефтяных разливов на растительный покров лесных и болотных биоценозов Среднего Поволжья // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов. Тезисы докладов II международной конференции. Тюмень, 15-17 ноября 2011 г., с. 21-22
4. Заалишвили В.Б., Бекузарова С.А., Батаев Д. – К.С. Изобретение «Способ реабилитации нефтезагрязненных земель». Патент № 2396133 от 10.08.2010. МПК В09С1/00; А01В79/02.
5. Столяров А.И., Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Изобретение «Состав для мелиорации почв «Сорбэкс». Патент МПК С09К17/00 № 2049107 от 27.11.1995.
6. Черняховский Д.А. Изобретение «Способ повышения плодородия сельскохозяйственных земель». Патент № 2257044 от 27.07.2005 г. МПК А01С21/00.

RECOVERY OF TERRITORIES POLLUTED BY OIL PRODUCTS IN THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA

© 2014 I.D. Alborov¹, Sc. Doctor (Tech.), prof., V.B. Zaalishvili², Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., S.A. Bekuzarova^{2,3}, Sc. Doctor (Agr.), O.G. Burdzieva², Sc. Candidate (Geog.)

¹North Caucasian Mining and Metallurgical Institute (State Technological University) 44, Nikolaev street, Vladikavkaz, RNO-A 362021, Russia, email: info@skgmi-gtu.ru;

²Center of geophysical investigations of VSC of RAS and RNO-A, Russia, 362002, Vladikavkaz, Markov street, 93a, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ³Gorsky State Agrarian university, Russia, 362040, RNO-Alania, Vladikavkaz, Kirov street, 37

The article presents the results of the studies for the rehabilitation of contaminated lands with local agroecos substrate.

Keywords: oil-contaminated soil, the quality of products, clay irlit, molasses, biologic Linex, albekulit.

УДК 614.71/73+616.1/8

ВЛИЯНИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

© 2014 О.Г. Бурдзиева, к.г.н., В.Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф.,
О.Г. Бериев, д.м.н., проф., А.С. Кануков, М.В. Майсурадзе

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

В статье рассматривается проблема влияния горнодобывающей деятельности на состояние окружающей среды.

Современное горнопромышленное производство не располагает полностью безотходными и экологически безвредными технологиями, что приводит к загрязнению атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод, накоплению твердых и жидких отходов, а также к нерациональному использованию природных ресурсов. Масштабы негативного влияния хозяйственной деятельности человека в горнопромышленных районах добычи полезных ископаемых в регионах Северного Кавказа значительно превосходят размеры последствий природных геологических и геохимических процессов, протекающих на Земле.

Ключевые слова: горнодобывающая деятельность, заболеваемость, окружающая среда.

Влияние горного производства многократно усиливается в специфических условиях горных регионов Кавказа. В горной Осетии кустарные добыча и переработка руд ведутся с древних времен. В начале 20 столетия было основано производство в г. Алагире. Садонские рудники почти полностью удовлетворяли потребности России в свинце, а затем и в цинке. Здесь накоплено большое количество хвостов горной добычи и переработки, что определяет образование вторичных ореолов рассеяния в пределах предприятий и их окрестностей. Изучение загрязнения окружающей среды является актуальной проблемой, требующей комплексного подхода к разработке методов ее реабилитации.

Объектом нашего исследования стали геоэкологические процессы, протекающие в окружающей среде под влиянием антропогенного влияния и обратное воздействие загрязненной среды на человека.

Для оценки степени загрязнения окружающей среды были использованы результаты комплексных исследований. В процессе изучения антропогенного воздействия выявлены негативные факторы, влияющие на здоровье населения, и состояние флоры и фауны.

В начале исследований для оценки степени загрязнения территории нами [Заалишвили и др., 2012], изучалось явление развития новообразований у жителей урбанизированной горной территории, являющегося, таким образом, маркером загрязнения.

Для обработки и последующего анализа полученных сведений была разработана специальная база данных. Формирующие параметры базы включали местожительство, пол, возраст больного, локализация поражения тела, всего 17 наименований (другие персональные данные в первичные данные по этическим соображениям не включались).

Больные были разделены на несколько групп по возрасту: до 20, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70 лет и старше.

На основе полученных результатов была разработана методика оценки заболеваемости населения. С ее помощью исследовалась заболеваемость населения в населённых пунктах на урбанизированных территориях с более активной горнодобывающей деятельностью, в частности, в Пригородном и Алагирском районах Северной Осетии. В процессе исследования была создана пополняемая база данных, которая включала, кроме результатов поликлинического и больничного районирования, другую необходимую информацию по населённым пунктам.

Было установлено, что в период с 1976 года по настоящее время на территории Алагирского района наблюдается отчетливая тенденция стремительного роста заболеваемости. Процесс хорошо описывается экспоненциальной функцией с высоким значением величины достоверности аппроксимации $R^2 = 0,865$ (рис. 1).

г. Алагир

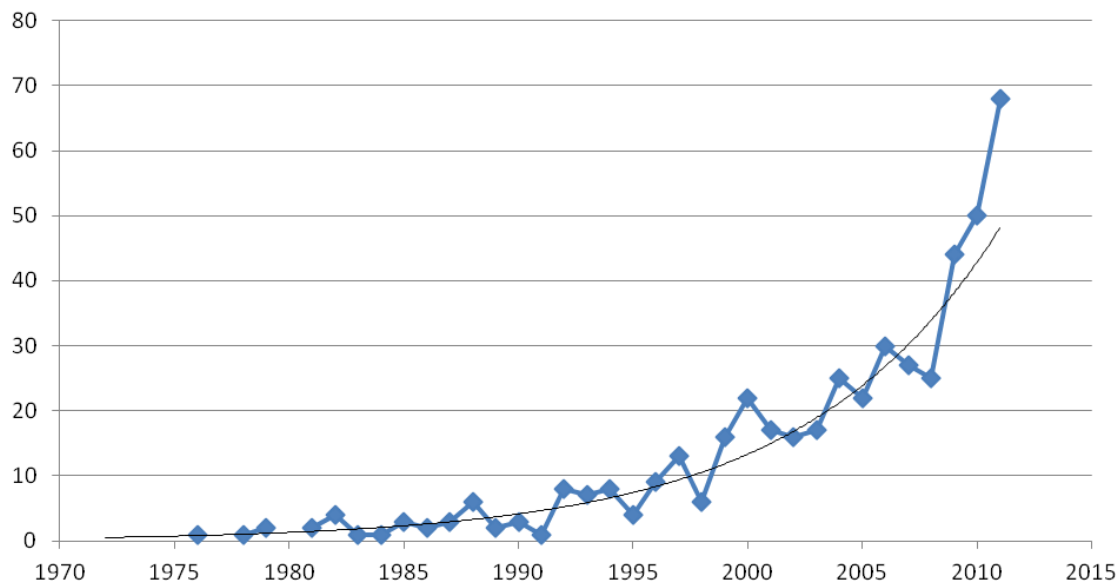


Рис. 1. Число заболевших жителей города Алагир в различные годы

Далее было исследовано влияние загрязненности водных систем на заболеваемость населения Пригородного района (таблица 1). Здесь такого роста не наблюдается.

С другой стороны, можно отметить следующее обстоятельство. Для одних населенных пунктов имеет место «постоянность» заболеваемости в период 2005-2010 гг. (села Ногир, Михайловское, Октябрьское, Чермен, Камбилеевское, Гизель, Сунжа, Тарское, Ир, Комгарон, поселок Кармадон, станица Архонская). Для других населенных пунктов за этот же период имеет место временная нулевая заболеваемость (села Дачное, Новая Саниба, Алханчурт, Куртат, Верхняя Саниба, Даргавс, Кобан, Донгарон, поселок Майский). При этом в отдельных населенных пунктах время от времени наблюдается «нулевое» значение маркера, а в других – почти весь период наблюдений (например, с. Кармадон).

Таблица 1

Заболееваемость населения Пригородного района по годам

Населенный пункт	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Среднее
с. Ногир	1,31	0,70	1,05	1,66	2,70	2,53	1,66
с. Михайловское	1,41	0,98	1,52	2,39	1,74	2,39	1,74
с. Октябрьское	1,34	1,53	1,53	0,67	2,30	1,63	1,50
с. Чермен	0,35	0,47	0,12	0,24	0,47	0,47	0,35
с. Дачное	0,78	0,26	0,00	0,26	0,00	0,26	0,26
с. Архонская	1,60	1,10	1,35	1,10	1,84	3,80	1,80
с. Камбилеевское	1,20	2,14	1,74	1,47	2,27	1,60	1,74
с. Гизель	1,41	1,54	1,02	1,54	1,41	2,18	1,51
с. Сунжа	1,20	1,02	0,85	1,28	1,45	1,88	1,28
с. Тарское	0,78	1,04	1,04	1,56	1,30	2,08	1,30
п. Майский	0,14	0,14	0,27	0,00	0,27	0,00	0,14
п. Кармадон	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,99	1,83
с. Ир	0,29	1,17	0,29	1,46	2,04	1,75	1,17
с. Новая Саниба	0,00	0,00	0,00	3,02	2,41	3,02	1,41
с. Алханчурт	0,87	0,87	1,73	0,87	0,87	0,00	0,87
с. Комгарон	2,58	1,94	0,65	0,00	1,94	3,87	1,83
с. Куртат	0,00	0,00	0,31	0,00	0,31	0,00	0,10
с. Верхняя Саниба	0,00	1,11	0,00	0,00	1,66	1,11	0,65
с. Даргавс	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,45	1,08
с. Кобан	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,62	0,44
с. Донгарон	0,78	0,00	0,00	0,78	0,00	3,92	0,91

Анализ данных показывает, что с увеличением расстояния от отвалов завода «Электроцинк» заболеваемость заметно падает (рис. 2).

На рис. 3 приведена карта заболеваемости Алагирского района. Здесь прослеживается хорошая корреляция маркера с расстоянием до реки Ардон.

Как видно из таблицы 2, для малых расстояний наблюдается зависимость заболеваемости от расстояния до реки Ардон. С увеличением расстояния заболеваемость заметно падает. На рис. 3 показано расположение Унальского хвостохранилища. Заболеваемость населения поселка Мизур, который располагается выше данного хвостохранилища, имел неожиданно высокое значение и составил 1,32.

Таблица 2

Зависимость заболеваемости от расстояния до реки Ардон близлежащих населённых пунктов

Населённый пункт	Расстояние, км.	Заболееваемость
Бирагзанг	0,7	1,96
Алагир	1,5	1,58
Рамоново	1,7	1,42
Црау	4,8	1,47
Красный ход	5,5	2,36

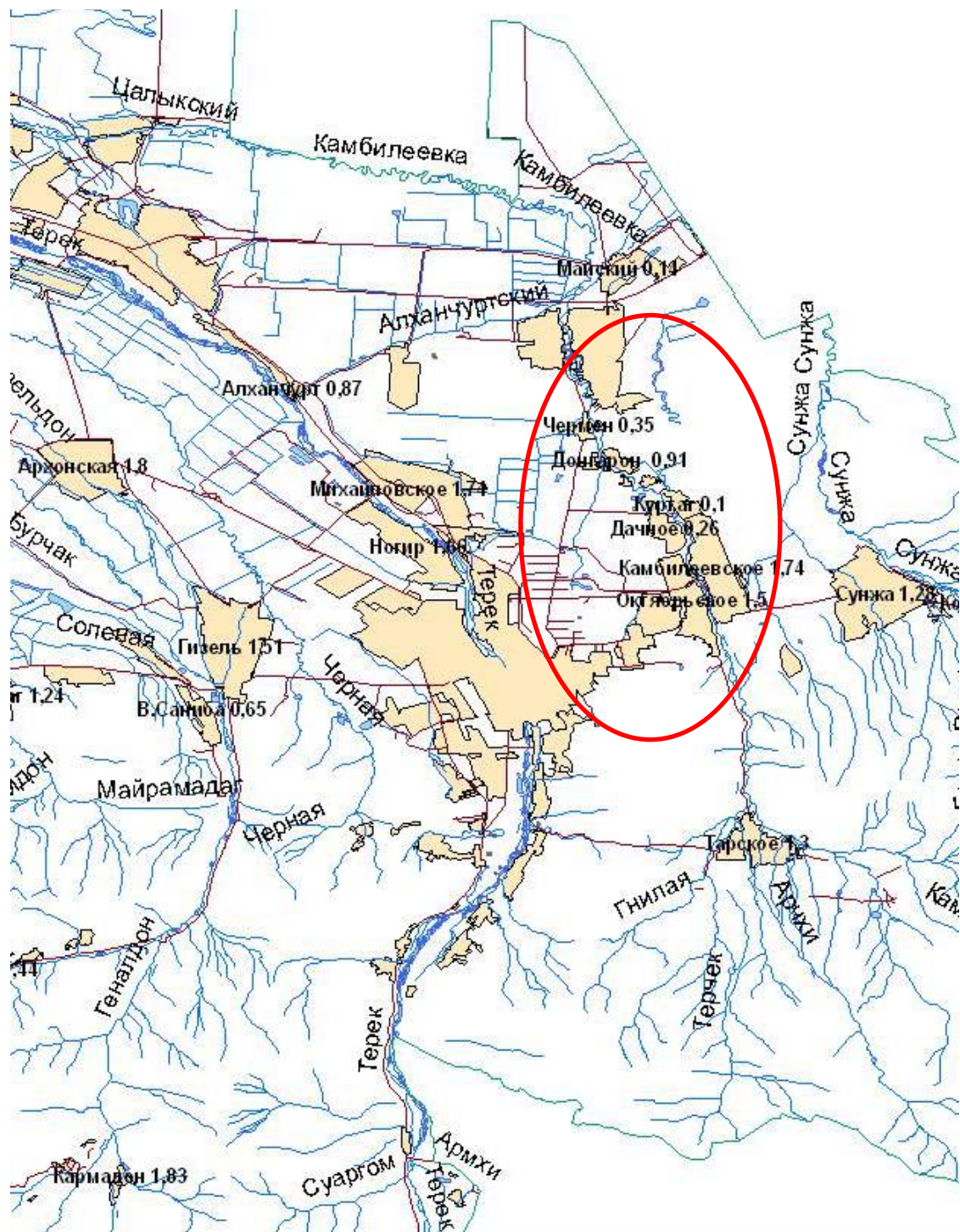


Рис. 2. Карта заболеваемости Пригородного района

В таблице 2 приведена зависимость заболеваемости от расстояния до реки Ардон.

В то же время в населённых пунктах, расположенных ниже по течению заболеваемость явно более высокая, что свидетельствует о значительном загрязнении р. Ардон тяжелыми металлами. Для поселка Садон, вблизи которого расположены горнодобывающие предприятия, также характерно повышенное значение загрязнения тяжелыми металлами. Полученные результаты исследования являются предварительными и будут в дальнейшем углублены и уточнены.

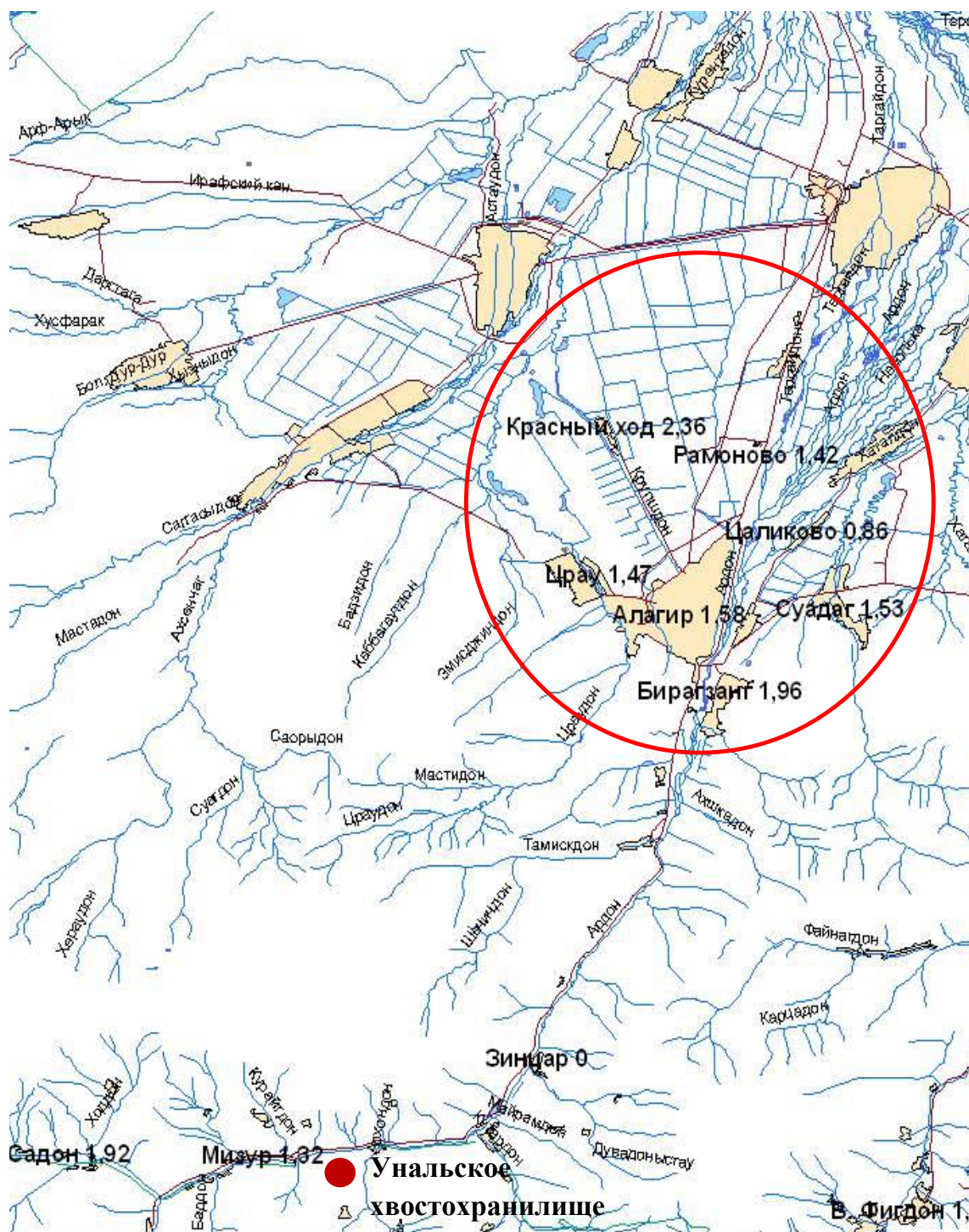


Рис. 3. Карта заболеваемости Алагирского района

Выводы

- На территории Алагирского района за почти 40 летний период наблюдений заболеваемость возрастает по экспоненциальной зависимости. Это показывает, что, несмотря на полное прекращение горнодобывающей деятельности, влияние загрязнения не уменьшается.
- Для одних населенных пунктов имеет место «постоянность» выбранного маркера (заболеваемость), а других наблюдается или разовая нулевая заболеваемость.

мость, или почти весь период наблюдений. Необходимо отметить, что последний район (п. Кармадон), в общем, удален от эпицентра горнодобывающей деятельности.

- С увеличением расстояния от отвалов завода «Электроцинк» заболеваемость падает.

- Для малых расстояний наблюдается зависимость заболеваемости населения от расстояния до реки Ардон. С увеличением расстояния заболеваемость заметно падает.

- Отмечено, достаточно, высокое значение заболеваемости для поселка Мизур, расположенного выше хвостохранилища по течению р. Ардон. Это объясняется, очевидно, прохождением реки через рудопоявления тяжелых металлов, находящиеся в естественном залегании в составе горной породы, слагающей, в свою очередь, основание ложа р. Ардон, и загрязняющей водную среду.

- В населённых пунктах, расположенных ниже по течению р. Ардон заболеваемость заметно более высокая, чем в пунктах расположенных выше, что свидетельствует о влиянии загрязнения р. Ардон тяжелыми металлами, обусловленного собственно горнодобывающей деятельностью, на заболеваемость населения.

- Вблизи относительно «равнинных» населенных пунктов уровень заболеваемости наивысший. Это обусловлено сильным поглощением тяжелых металлов всем объемом реки, включающего илисто-глинистые донные отложения, и оседанием тяжелых частиц, обусловленного естественным снижением скорости движения течения при выходе на равнину.

Литература

1. Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Бериев О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Об экологических аспектах современной урбанизированной территории при сильных землетрясениях. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – М.: ВНИИГПИ, №3. 2012 С.52-67.

MINING ACTIVITY INFLUENCE ON ENVIRONMENT POLLUTION

© 2014 O.G. Burdzieva, Sc. Candidate (Geog.), V.B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., O.G. Beriev, Sc. Doctor (Med.), prof., A.S. Kanukov, M.V. Maysuradze

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

The article considers a problem of mining activity influence on environmental conditions.

Modern mining production doesn't have fully waste-free and environmentally benign technologies, leading to atmosphere, soil, surface and ground waters pollution, accumulation of solid and liquid waste and also to irrational utilization of natural resources. Extent of anthropogenic activities negative influence in mining area of mineral production in the regions of Northern Caucasus considerably exceed the scales of consequences of natural geologic and geochemical processes, which take place on the Earth.

Key words: mining activity, morbidity, environment.

УДК 624.131:550.34

БАЗА ДАННЫХ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ «ВЛАДИКАВКАЗ»

© 2014 В.Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф., Д.А. Мельков, к.т.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

В связи с необходимостью изучения и последующего анализа малоизученного проявления особенностей воздействия активных разломов на ситуацию в городе и с целью изучения влияния различных типов грунтов и их физического состояния на сейсмический эффект на территории г. Владикавказа в августе 2004 г. создана локальная сеть сейсмологических наблюдений. Широкий спектр решаемых задач определяет особенности работы сети и соответствующей базы данных. Создан набор программ для организации сбора, хранения и доступа к данным инженерных сейсмологических наблюдений на основе отечественных регистраторов «Дельта-Геон».

Ключевые слова: сейсмологические наблюдения, грунтовые условия, сейсмическое микрорайонирование, базы данных.

Город Владикавказ расположен в зоне повышенной сейсмической опасности. По данным [Заалишвили и др., 2011] южная часть территории города расположена в зоне с интенсивностью 8 баллов, а северная – 7 баллов (при вероятности превышения указанной интенсивности на 2% в течение 50 лет). В связи с необходимостью изучения и последующего анализа малоизученного проявления особенностей воздействия активных разломов на ситуацию в городе и с целью исследования влияния различных типов грунтов и их физического состояния на сейсмический эффект на территории г. Владикавказа в 2003 г. было решено организовать локальную сеть сейсмологических наблюдений. В августе 2004 г. была организована локальная сеть сейсмических наблюдений на участках с различными грунтовыми условиями непосредственно на урбанизированной территории г. Владикавказ.

Для упорядочивания получаемых данных, быстрого поиска необходимых записей, выполнения ряда операций над записями (анализ работы сети, выборка событий и т. д.), было разработано программное обеспечение, позволяющее автоматически вводить в базу данных MS Access данные о времени и дате срабатывания регистратора (с точностью до миллисекунды), типе записи и пути к соответствующему файлу. Программа работает в ОС Windows XP-7, язык программирования C++. Процедура может выполняться в двух режимах: ввод данных, содержащихся в отдельных папках архивации, а также поиск и ввод данных, находящихся в указанной директории (рис. 1).

Такое структурирование данных позволяет не только находить нужные записи из банка данных, но и производить более сложные операции с помощью SQL-запросов и т. д. Одной из основных процедур обработки записей любой локальной сети сейсмологических наблюдений является выборка событий. Событие считается выделенным, если оно зарегистрировано не менее чем N станциями (например,

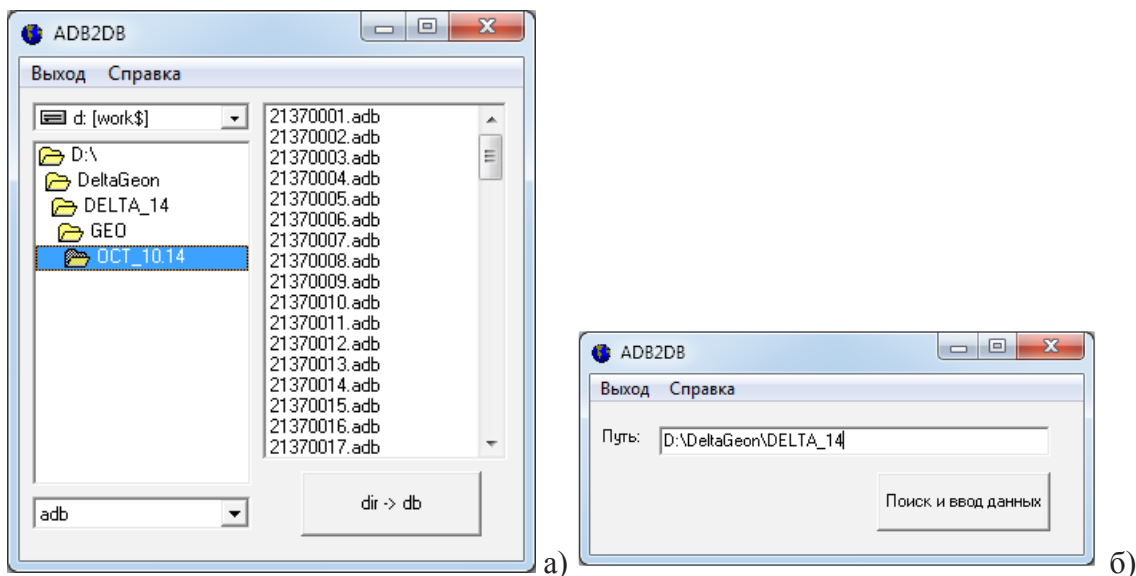


Рис. 1. Общий вид программы ADB2DB: а) режим ввода данных отдельных папок архивации; б) режим поиска и ввода данных.

тремя), и время включения регистраторов (или время идентификации события) попадает в определенный временной интервал (временное окно) dt. Разработанная программа «Выборка событий» позволяет производить процедуру поиска записей, удовлетворяющих данным условиям. Общий вид программы «Выборка событий» представлен на рис. 2. Окно разделено на несколько областей: календарь, текстовая область, строка SQL.

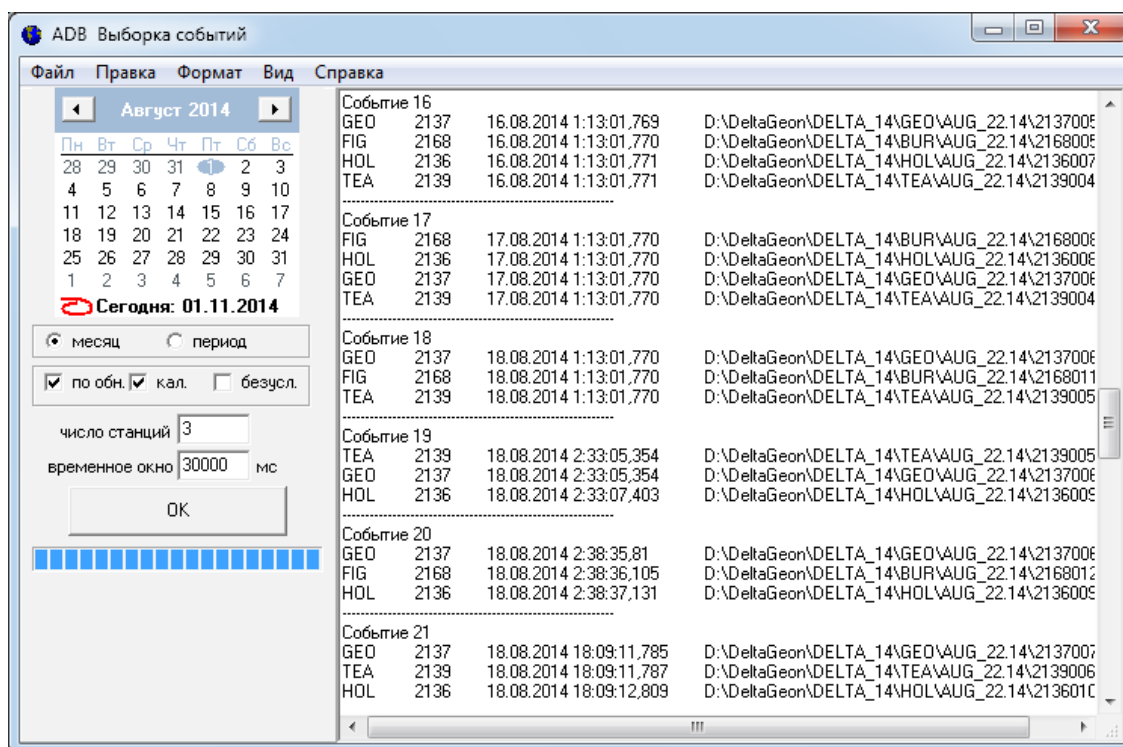


Рис. 2. Окно программы «Выборка событий»

Работа программы аналогична программе «adb-slct» пакета программ центра «Геон», используемой ранее и при этом обладает рядом преимуществ:

- данные о файлах берутся непосредственно из базы данных «ADBDB», период выбирается с помощью календаря;
- нет ограничений на число файлов, выборка событий может производиться как за месяц, так и за год;
- возможность производить выборку событий отдельно для калибровочных, принудительных записей и записей по обнаружению;
- возможность открывать и копировать файлы непосредственно из окна программы (если в системе назначена программа для открытия *.adb файлов);
- возможность автоматического копирования отобранных записей в отдельную директорию по каждому событию.

Кроме того, в пакет программ входят утилиты, предназначенные для просмотра и редактирования заголовков adb файлов (рис. 3), конвертер adb файлов в текстовый формат.

Структурирование данных с помощью разработанного программного обеспечения позволяет производить как текущий анализ работы сети, так и за определенные периоды.

На рис. 4 представлена диаграмма, показывающая распределение общего числа записей за всё время работы сети. Фактически сеть начала функционировать с ноября 2004 года, когда были установлены все станции и выбраны наиболее оптимальные параметры обнаружения (порог обнаружения, частотный интервал).

Очевидно, что число записей косвенно связано с уровнем сейсмической активности. На диаграмме представлено суммарное число записей по всем станциям и таким образом, дается характеристика работы сети в целом. При этом необходимо учитывать, что увеличение числа записей может быть связано с техногенным воздействием и в особенности это касается сети, расположенной на урбанизированной территории.

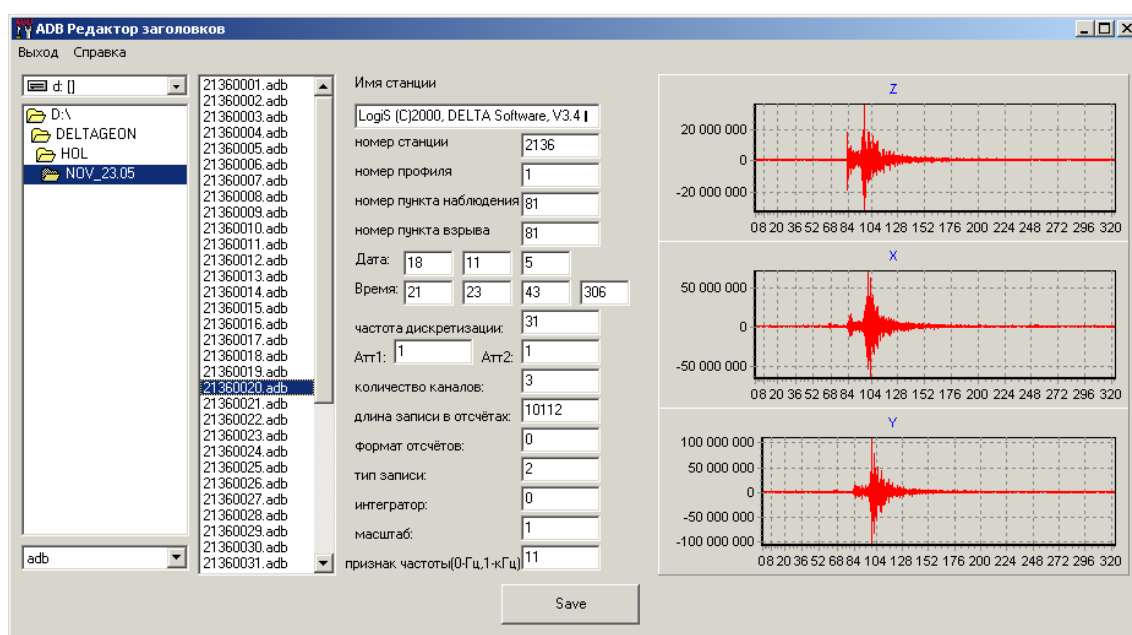


Рис. 3. Окно программы «Редактор заголовков»

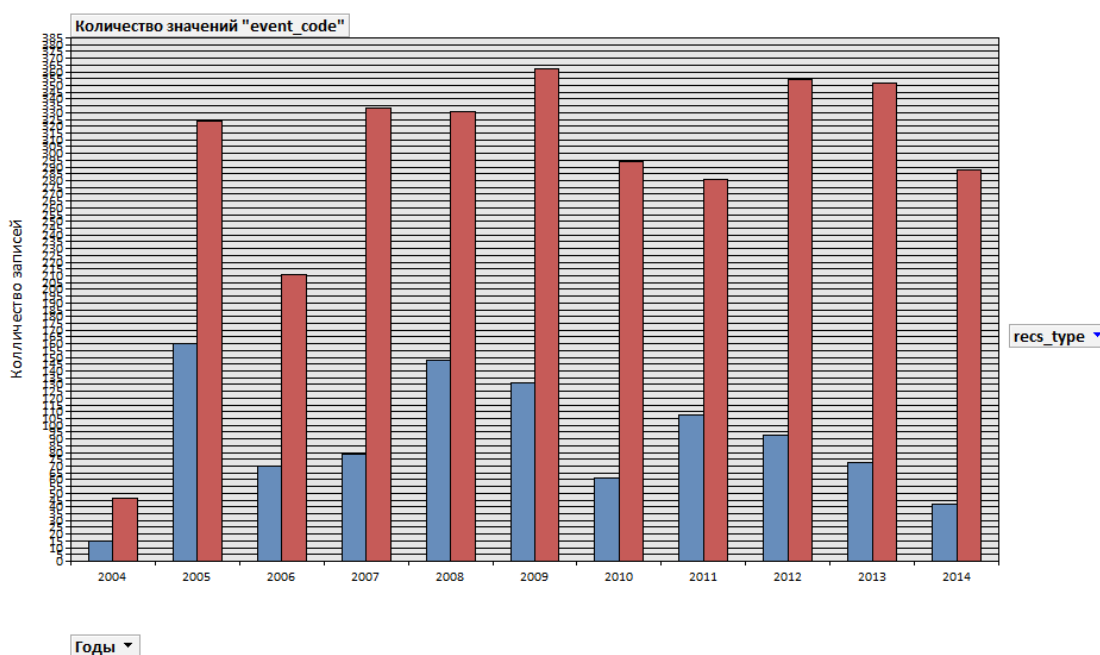


Рис. 4. Распределение числа записей локальной городской сети сейсмических наблюдений «Дельта-Геон» по месяцам; левый столбец – «тип записи 0» – запись по обнаружению; правый столбец «тип записи 2» – калибровка.

На диаграмме также приведено число записей в режиме «принудительная запись» – сеть настроена на включение на 20 минут четыре раза в сутки для регистрации микросейсмических колебаний. Что позволило выделить недельные циклы вариации микросейсмического фона на территории г. Владикавказа.

Заключение

Созданная база данных содержит заголовки записей всех событий, применение процедуры выборки событий позволяет выделять записи, зарегистрированные одновременно несколькими станциями для их последующего анализа и обработки. Однако компактное расположение станций, которое является важным для такого рода исследований (согласно РСН 65-87 обработке подлежат те землетрясения, при которых расстояние между пунктами регистрации меньше 0,1 гипоцентрального) не позволяет с достаточной точностью определять параметры регистрируемых землетрясений (координаты эпицентра, магнитуда и т. д.), поэтому использование данных других сетей сейсмологических наблюдений в виде каталогов является необходимой составляющей банка данных такого рода. Одним из источников данных является Кармадонский параметрический полигон [Заалишвили и др., 2013].

Литература

1. 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. 17-27.
2. 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.

DATABASE OF SEISMIC OBSERVATION NETWORK «VLADIKAVKAZ»

**© 2014 V.B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., D.A. Melkov,
Sc. Candidate (Tech.), A.S. Kanukov**

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

In connection with the necessity of study and the following analysis of insufficiently researched occurrence of influence features of active faults on situation in the city and with the purpose to study influence of different soil types and their physical conditions on seismic effect local seismic observation network was created on the territory of Vladikavkaz city in August 2004. Wide spectrum of solving problems determines the features of network functioning and the corresponding database. Program set for data collection operation, storage and access to the data of engineering seismological observations was created on the basis of domestic recorders «Delta-Geon».

Key words: seismological observations, soil conditions, seismic microzoning, databases.

УДК 550.34

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ

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

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

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

Ключевые слова: мониторинг, сейсмологические наблюдения, ледники.

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

Расположение пункта в экстремальных климатических условиях высокогорья (на высоте около 3000 метров над уровнем моря) обуславливает жесткие требования к его обустройству с целью обеспечения стабильной работы. Можно выделить целый ряд факторов влияющих на работу сейсмостанции и обуславливающих выбор участка для ее размещения и защиты от внешних воздействий: частоту и максимальную скорость ветра (ветер является одним из главных источников сейсмического шума в горных районах), влияние собственно рельефа, данные о количестве солнечных дней, облачности (для определения минимального размера панелей солнечных батарей), данные о количестве осадков, уровень снежного покрова (доступность в зимний период, защита от осадков, оптимальный угол и размер панелей солнечных батарей), наблюдаемая частота гроз и топография (с целью предупреждения повреждения аппаратуры в результате удара молнии) [Trnkoczy et al., 2009]. Очевидно, что большинство факторов обычно в сейсмологии являющихся

критическими для размещения станции, в данном случае явились определяющими, как, например, влияние рельефа, которое наоборот необходимо было изучить, а не минимизировать. В этом и других особенностях заключается одно из главных отличий сети «Кармадонский параметрический полигон» от стандартных сетей сейсмических наблюдений.

В состав сейсмической станции входит оборудование отечественного производства – регистратор сейсмических сигналов «Дельта-03» и сейсмоприемник СПВ-3К. Современное оборудование способно работать в достаточно широком диапазоне температур. Так, согласно имеющейся технической документации диапазон рабочих температур для регистратора РСС «Дельта-03» составляет $-40^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$, сейсмоприемника СПВ-3К: $-30 \dots +50^{\circ}\text{C}$. Однако следует учесть возможность значительных суточных перепадов температуры, в особенности их влияние на работу сейсмоприемника, являющегося в настоящее время полем создания цифровых регистраторов наиболее уязвимым элементом инструментального канала. Для этого внутреннее пространство приборного ящика и крышки сейсмоприемника было изолировано экструдированным пенополистеролом и эластичным пенополиэтиленом (изолон), характеризующихся низкой теплопроводностью и водопоглощением (рис. 1а).

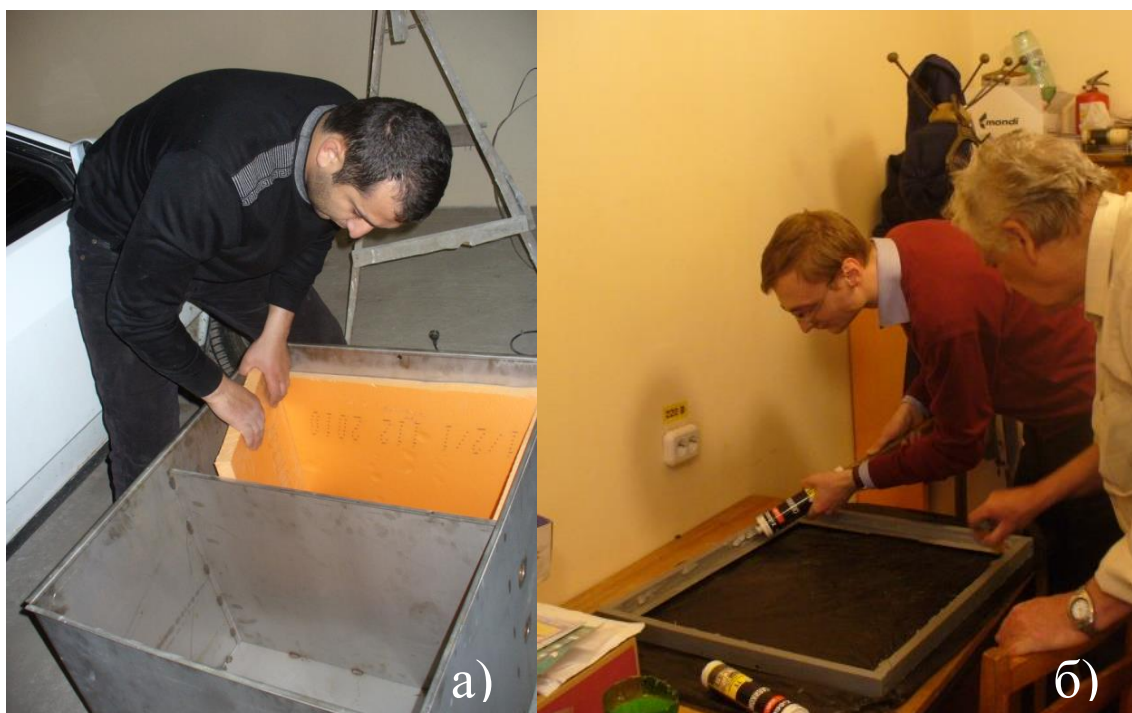


Рис. 1. Подготовительные работы: а) укладка термоизоляции в аппаратный ящик; б) подготовка рамы солнечной батареи

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

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

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

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

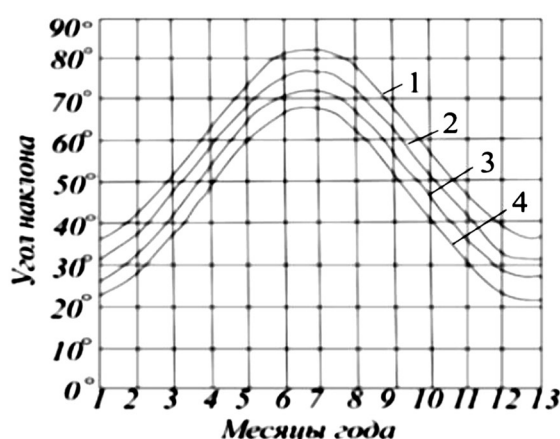
В начале и конце ясного солнечного дня количество солнечной энергии, падающее на плоскость, расположенную перпендикулярно направлению на Солнце, невелико.

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Главными условиями по выбору аккумуляторов являются:

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

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

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

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

27 апреля 2012 г. при поддержке ГУ МЧС РФ по РСО-А в район ложа ледника Колка было заброшено оборудование и позднее группой альпинистов под руководством О.Н. Рыжанова на высоте 2970 метров над уровнем моря выполнен монтаж и запуск сейсмической станции, которая стала функционировать 19 мая 2012 г. (рис. 3).

После тестирования работы аппаратуры, для сопоставления параметров сейсмических и иных колебаний на ближайшем пункте «Кармадон» (в основании склона) была организована станция с аналогичным измерительным каналом: 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 [Заалишвили, Мельков, 2013].

Сейсмологическая телеметрическая сеть, создаваемая на базе РСС «Дельта-03» строится по радиальной схеме, в центре которой находится центральный пункт сбора информации (ЦПС), построенный на базе персонального компьютера (рис. 4). С этого пункта оператор имеет доступ к любому полевому пункту наблюдения (ППН). Оператор может настроить или поверить точное время, изменить режимы работы регистратора сейсмических сигналов «Дельта-03», скопировать накопленную сейсмологическую информацию или подготовить носитель (Flash диск или RAM диск) к приему новой сейсмологической информации дистанционно. При подключении к линии провайдера следует учесть, что протокол аутентификации регистратором не используется [Сеть..., 2012].



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

Заключение

Установление причин схода ледника Колка 2002 года, аналогичного процессу 1902 года и предшествующим событиям должно основываться на инструментальных данных полевых геофизических исследований и комплексного мониторинга, в котором центральное место занимают сейсмологические наблюдения.

С целью мониторинга сейсмических процессов в районе ложа ледника Колка на высоте 2970 м над уровнем моря установлена сейсмическая станция «Колка» и

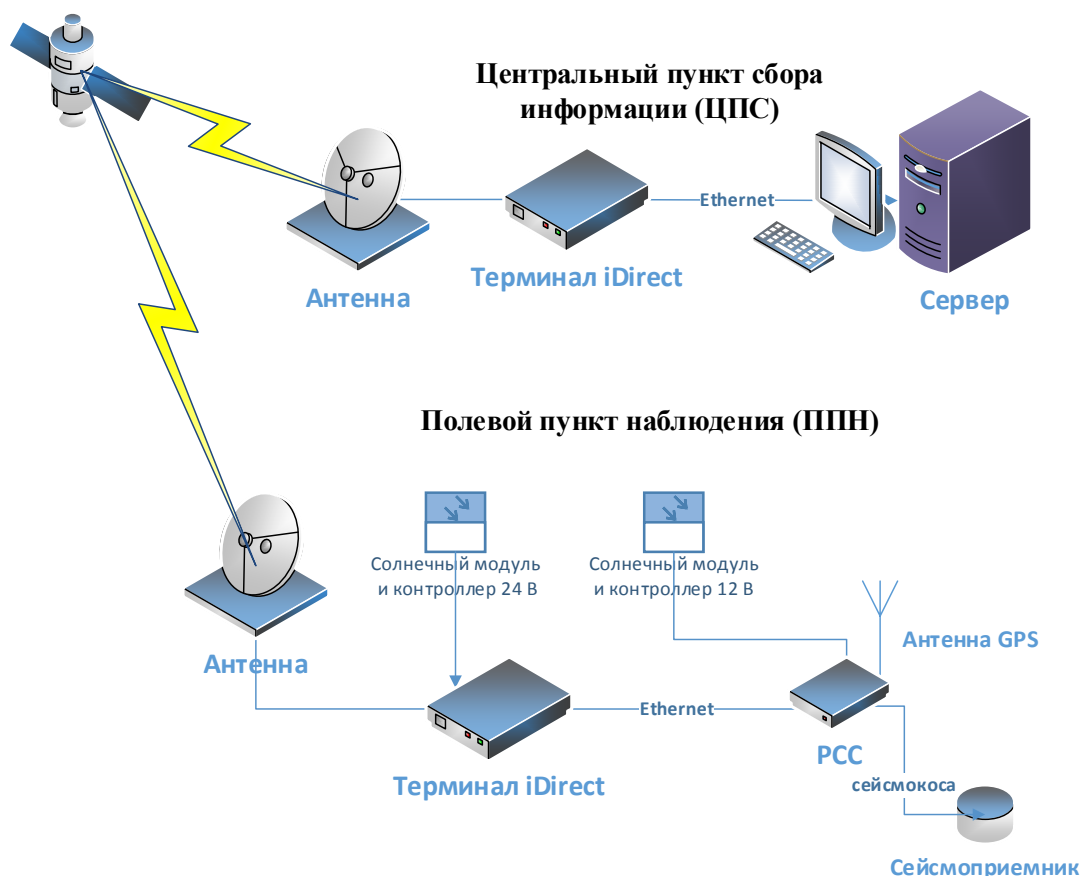


Рис. 4. Схема сейсмологической телеметрической сети Кармадонского параметрического полигона

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

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

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

Литература

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

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

3. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Организация сейсмологических наблюдений в верховьях реки Геналдон и Кармадонском ущелье с использованием спутниковой телеметрической системы передачи информации // Геология и геофизика Юга России. 2013. №4. С. 44-50.

4. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Особенности процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 г. и его макросейсмическое проявление по инструментальным данным современных регистрационных систем// Геология и геофизика Юга России. №3. 2012. С. 29-44.

5. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Мониторинг опасных природных и техногенных процессов на территории РСО-Алания // Геология и геофизика Юга России. № 1. 2013. С. 17-27.

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

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

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

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

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

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

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

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

Key words: monitoring, seismological observations, glaciers.

УДК 550.83.04

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НАД ЭЛЬБРУСОМ И КАЗБЕКОМ

© 2014 В.Б. Заалишвили¹, д.ф.-м.н., проф., Н.И. Невская¹, к.г.-м.н.,
Л.Н. Невский¹, А.Г. Шемпелев^{1,2}, к.г.-м.н.

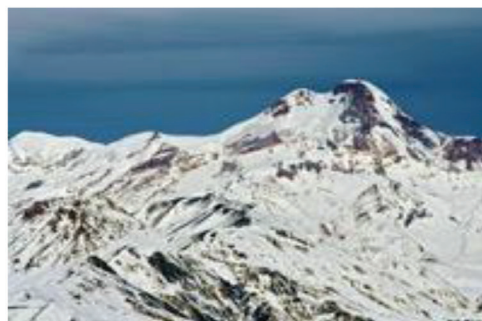
¹Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул.Маркова 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ²ОАО «Кавказгеолсъемка» Почтовый адрес: 357600, Ессентуки, ул. Кисловодская, 203, shemp38@yandex.ru

В статье рассмотрены особенности геологического строения Эльбруса и Казбека. Одной из особенностей поля силы тяжести Кавказа является наличие для районов Приэльбрусья и Чегемского нагорья самых минимальных значений в Большекавказском регионе. Относительно положительные значения гравитационного поля Казбекского района, определяются приповерхностным слоем с избыточной плотностью $0,15 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ верхняя и нижняя границы которого находятся на глубинах порядка 0,5 и 4,5 км. Зона Главного хребта Центрального Кавказа является в региональном плане областью пониженных значений магнитного поля, которое осложнено локальными знакопеременными аномалиями.

Ключевые слова: поле силы тяжести гравитационное поле, магнитные аномалии, Эльбрус, Казбек, Тепли, ледник.



Эльбрус



Казбек

Рис. 1.

Эльбрус – на северном склоне Большого Кавказа, в Боковом хребте, на водоразделе рек Малки, Баксана и Кубани. Приурочен к месту пересечения продольной Тырнаузской разломной зоны с поперечным Эльбрусским разломом. Насажен на древние кристаллические породы, которые образуют горстовый блок.

На границе северокавказских республик Кабардино-Балкария и Карачаево-Черкесия находится самая высокая точка России и Европы – вулкан Эльбрус (рис. 1). С северной частью горной системы Большого Кавказа он связан через Боковой Хребет. Этот знаменитый «пятитысячник» не спутать ни с одним другим: его вершина состоит из двух пиков примерно равной высоты. Восточная часть вздымается на 5621 м над уровнем моря, а западная еще выше 5642 м.

Стратовулкан (от лат stratum «слой», конусовидный вулкан, слои которого образованы чередующимися потоками лавы, пепла, туфа) Эльбрус был наиболее ак-

тивен около 225 000-170 000, затем 110 000-70 000 и менее 30 000 лет назад. Были извержения и 6200, и 4500, и 2500 лет назад. Постепенно вулкан принял нынешнюю форму. Мало где на Земле сохранились вулканы, имеющие такую же красивую, «классическую» конусовидную форму, как этот. Обычно кратеры очень быстро подвергаются процессам эрозии и всевозможным разрушениям. Картинную форму Эльбруса сохранила его мантия из снега и льда, которые не тают даже летом, за что «белую шапку» вулкана прозвали Малой Антарктидой.

Основную массу продуктов вулканической деятельности, произошедших из материнской, т.е. общей для всех периодов извержений дацитово-дацитовой (высокосиликатной) магмы, составляют кремнеземы.

Судя по ряду фактов, в последний раз вулкан напоминал о себе достаточно давно – около 50 г н. э. (± 50 лет), но, тем не менее, наблюдения за его нынешней степенью активности не дают поводов экспертам относить его к разряду потухших и они называют Эльбрус «спящим». И действительно – вулкан ведет достаточно активную – хоть и не разрушительную – внутреннюю и внешнюю деятельность: горячие массы до сих пор сохраняются в его недрах и «подогревают» имеющиеся источники (так называемые «Горячие Нарзаны» с температурой $+52^{\circ}\text{C}$ и $+60^{\circ}\text{C}$), обильно насыщенные углекислым газом и минеральными солями, а сквозь трещины просачивается запах сернистых газов. В глубинах вулкана зарождаются и насыщаются многие знаменитые источники лечебных курортов Пятигорска, Кисловодска, всего района Минеральных Вод.

Эльбрус напоминает самостоятельную арктическую страну, живущую по своим законам. Здесь имеются собственные климатические зоны. Так, например, от вершин и до отметки 4900 м никогда не происходит таяние льдов – температура здесь постоянно держится ниже нуля. Излишки влаги испаряются, снег сдувается ветрами, слеживается, срывается лавинами. От 4900 до высоты в 3800 м находится кольцеобразный фирновый (от древневерхненемецкого *firni* – «прошлогодний», «старый»: плотно слежавшийся многолетний снег, постепенно превращающийся в лед) бассейн. Этот практически сплошной пояс ледяных полей формирует все ледники Эльбруса: около 13 крупных и более 70 коротких (висячих). Ледники постепенно стекают и питают своими водами крупнейшие реки региона: Кубань, Малку, Баксан и притоки Терека.

Казбек – гора Кавказа, расположена на Казбекском субширотном разломе, в месте его пересечения поперечным Казбек-Цхинвальским разломом [1, с. 223]. Приблизительно 250 млн. лет назад две мощные литосферные плиты – Евразийская и Аравийская, как бы плывущие в океане земной магмы, начали сближаться. Около 60 млн. лет назад (в начале палеогена) этот процесс ускорился. Но еще 12 млн. лет назад на месте равнин Кавказа были морские лагуны, над которыми кое-где возвышались цепи невысоких складчатых гор – прообраз будущего Кавказского хребта. Около 10 млн. лет назад Аравийская плита начала откалываться от Африканской и быстро продвигаться к северу. Все структуры окраинных морей юга Евразии начали выталкиваться на поверхность вместе с толщей минеральных осадков, больших масс камня с выходами магмы (вулканами). Около 5 млн. лет назад началась стадия формирования гор Европы, по завершении которой они в основном приобрели облик, знакомый нам ныне. В результате резкого поднятия земной коры горы Большого Кавказа достигли сначала 2,5 км высоты, и еще через полтора млн. лет, в четвертичный период, они выросли в центральной своей части до 4-5 км. Выход

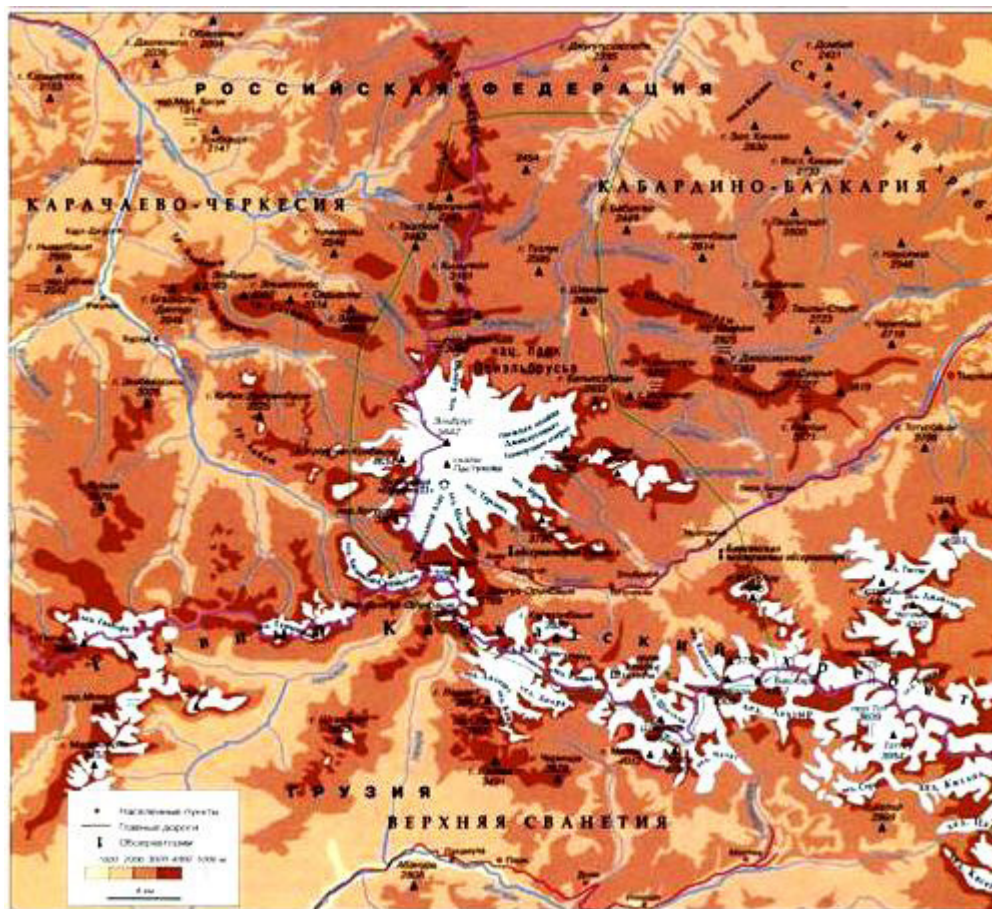


Рис. 2. Схематический план 1. Район Эльбруса

магмы (лавы) из вулканов замедлился. Казбек имеет вулканическую родословную и относится к типу стратовулканов. Они в основе своей имеют форму высокого конуса с крутыми склонами, сложившимися из слоев затвердевшей лавы (андезита) и вулканического пепла (тефры). Для выхода на поверхность из стратовулкана магма должна пройти большой путь, и когда она извергается в виде лавы, то эта лава вязкая, густая, далеко не распространяется.

Таков вкратце геологический портрет и Казбека. Последнее извержение из его кратера произошло приблизительно в 750 г до н. э.

Казбек считается спящим вулканом. У него два покрытых снежными шапками пика-конуса: восточный (5033,8 м) и западный (5025 м). Их соединяет хребет-седловина (5005 м). В окрестностях вершины хорошо заметны розово-серые и черные пористые отложения андезита потоки лавы, которые спускались по восточному и южному склонам в Дарьяльское ущелье. Под андезитовым слоем лежит основной массив Казбека, состоящий из сланцевых горных пород и так называемых низкотемпературных минералов.

Извержения лавы из кратера Казбека на протяжении всей его геологической истории, общая протяженность которой примерно 8 млн. лет, чередовались с оледенениями. Горные цирки и долины, образовавшиеся в результате этого процесса, служат ложем современным ледникам, сходящим по южным, восточным и северным склонам. На своем пути ледники местами образуют грандиозные ледопады, рассеченные трещинами глубиной до 60 м. На юго-восток стекает Гергетский лед-

ник, он же Орцвери и Чхери. На северо-запад с Майлинского плато в Геналдонское ущелье стекает грандиозным ледопадом ледник Майли. На север с поворотом к северо-востоку с Казбекского плато движется ледник Чач. На северо-восток с плато уходит и самый крупный ледник Казбека Девдорак, на восток с Казбекского массива под крутым углом стекает узкий ледник Абано.

Кавказ, а вместе с ним и Казбек продолжает «расти». В 2007 г во Владикавказе под эгидой ЮНЕСКО прошла VI Международная конференция «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий», на которой были оглашены выводы, сделанные геофизиками после анализа катастрофического схода ледника Колка в Кармадонском ущелье 20 сентября 2002 г. Один из них гласит, что произошло «газодинамическое воздействие спящего вулкана Казбек на ледник Колка, приведшее к его катастрофическому выбросу». Выходит, не такой уж он спящий.

На Центральном Кавказе выполнен довольно большой объем площадных гравиметрических и аэромагнитных съёмок масштабов 1:200000-1:50000, а также глубинных исследований по региональным профилям методами обменных волн землетрясений (МОВЗ) и магнитотеллурических зондирований (МТЗ).

Одной из особенностей поля силы тяжести Кавказа, изменяющегося в пределах 200 мГал, является наличие для районов Приэльбрусья и Чегемского нагорья самых минимальных значений в Большекавказском регионе (см. рис.). Северные склоны Главного хребта характеризуются относительно повышенными значениями гравитационного поля. Поле силы тяжести в региональном плане определяется, прежде всего, глубинным строением земной коры. Природа крупного Эльбрусского минимума связывается со значительным погружением поверхности Мохоровичича (до 55-60 км) и резким увеличением мощности условного «гранитного» слоя. В тоже

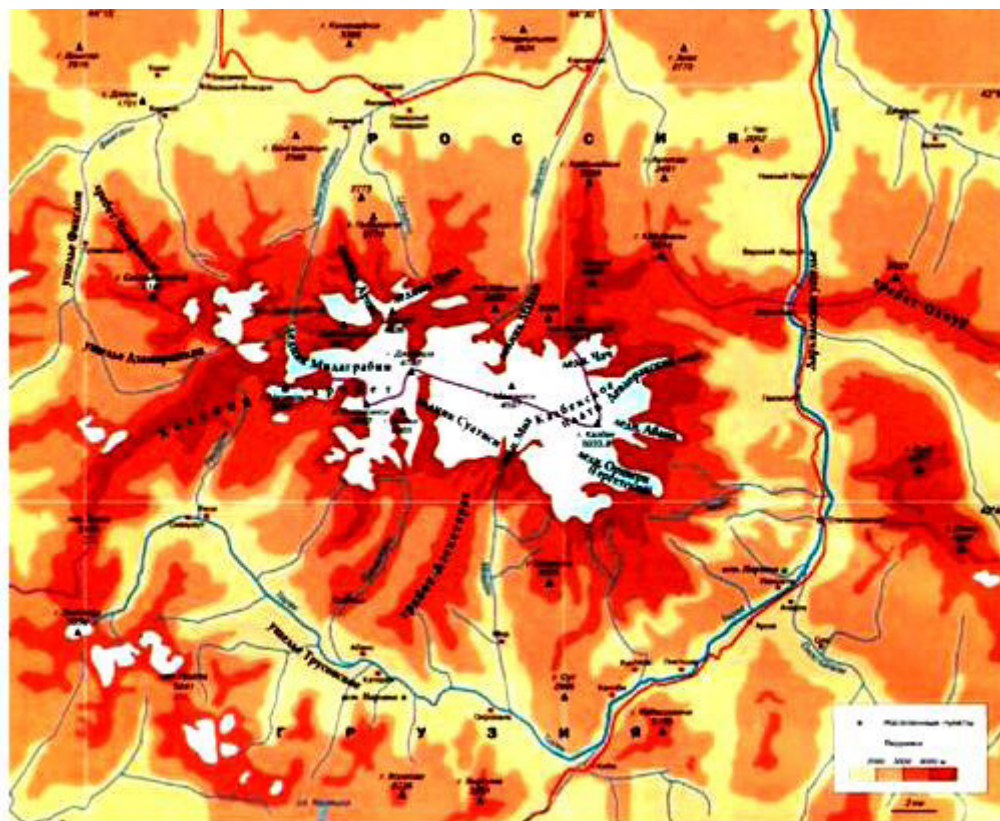


Рис. 3. Схематический план 2-Район Казбека

время сложное геологическое строение верхней части земной коры этого района обусловило большое количество положительных и отрицательных аномалий гравитационного поля более высоких порядков, хотя они и не нашли своего отражения на приводимой схеме, так как изоаномалы проведены через 20 мГал.

Над вулканом Эльбрус наблюдается дополнительно локальный минимум поля силы тяжести. Аномалии отвечает объект грубо сферической формы (диаметр 10-15 км) с экстремально низкой плотностью $2,1 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, залегающий на глубине первых километров [Шемпелев, 1982, с. 106]. Локальными аномалиями меньшей интенсивности отмечаются восточнее Эльбруса области развития молодого вулканизма Чегемского нагорья и эльджуртинских гранитов в долине р. Баксан (плотность последних $2,57 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$). По данным магнитотеллурических зондирований вдоль Приэльбрусского профиля [Шемпелев и др., 2011, с. 104] локальная аномалия электропроводимости на глубинах «базальтового» слоя связана, вероятно, с участком плавления горных пород, который является магматическим очагом вулкана Эльбрус. А локальный минимум электрических сопротивлений над ней вблизи дневной поверхности может отвечать магматической камере вулкана. Форма и ориентировочные их размеры подчёркиваются границами обмена PS-волн по МОВЗ на глубинах 3-5 км и 12-15 км. В плотностном разрезе на глубинах до 40 км вулкану соответствует концентрация особых точек гравитационных аномалий, оконтуренная сверху ореолом особых точек магнитных аномалий.

Относительно положительные значения гравитационного поля Казбекского района, как показывают расчёты, определяются приповерхностным слоем с избыточной плотностью $0,15 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, верхняя и нижняя границы которого находятся на глубинах порядка 0,5 и 4,5 км. Этот слой может быть представлен толщей глубоководных нижнеюрских осадков с продуктами основного магматизма (дайки, интрузии, силлы Казбекского диабазового пояса), залегающей на кристаллическом фундаменте. Горы Тепли и Казбек не сопровождаются локальными гравитационными аномалиями. Поэтому предполагать здесь, по аналогии с Эльбрусским вулканом, наличие каких-либо «очаговых» объектов, как правило, разуплотнённых, по гравиметрическим данным нет оснований. Электроразведкой также не выявлено низкоомных зон или участков земной коры, которые могли бы отождествляться с современными подводными каналами, очагами или камерами вулканических аппаратов, что наблюдается, например, у вулкана Эльбрус [Шемпелев, 2008, с. 466].

Зона Главного хребта Центрального Кавказа является в региональном плане областью пониженных значений магнитного поля (см. рис.), которое осложнено локальными знакопеременными аномалиями интенсивностью до нескольких тысяч нанотесл в районах развития молодого вулканизма гор Эльбрус, Казбек, Тепли, Чегемского нагорья и верховьев реки Терек. Территория распространения байосских вулкаников Южного склона Большого Кавказа и Закавказья (юго-западный угол рисунка) характеризуется ограниченными по площади резко дифференцированными разного знака локальными аномалиями магнитного поля.

Довольно интенсивные магнитные аномалии района Эльбруса связываются с излившимися лавами и туфами липаритов нижнечетвертичного возраста. Причём излияние последних, очевидно, шло по трещинам широтного простирания протяжённостью порядка 15-20 км. Они уверенно прослеживаются при детальном магнитных съёмках. Образование жерл и конусов вулкана Эльбрус произошло на завершающей стадии вулканической деятельности. Основное жерло вулкана в на-

стоящее время, вероятно, запечатано изливаниями лав нескольких этапов, а незначительная энергетическая разгрузка происходит по пологим зонам на северо-восточных склонах Эльбруса, где наблюдаются паразитические жерла вулкана. Аномалии разного знака в несколько тысяч нанотесл наблюдаются над Чегемским нагорьем. Они чётко обрисовывают контуры наземной вулканической постройки.

В районах же гор Казбек и Тепли магнитные разности пород представлены в значительно меньшем объёме. Здесь, судя по имеющимся площадкам обмена PS-волн и градиентам поля электрических сопротивлений, можно, также как и по гравиметрическим данным, предполагать залегание кристаллического фундамента на

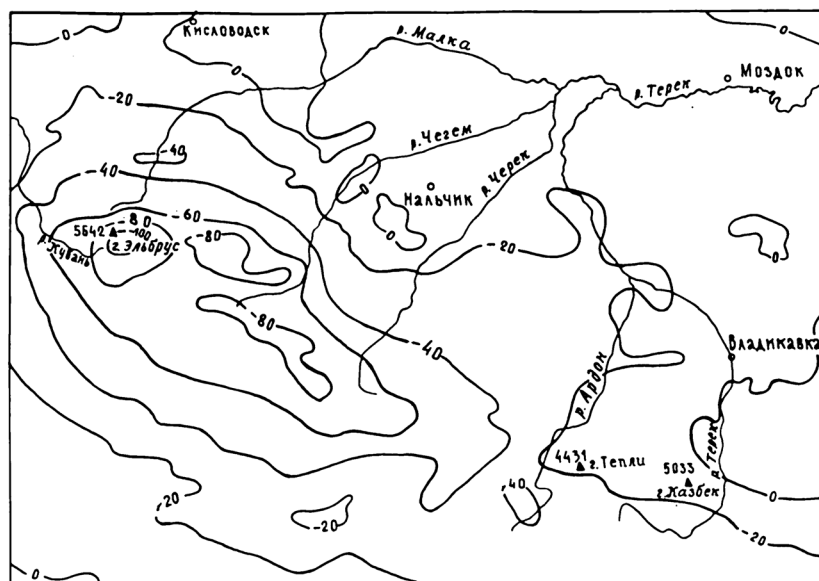


Схема гравитационного поля в мГал

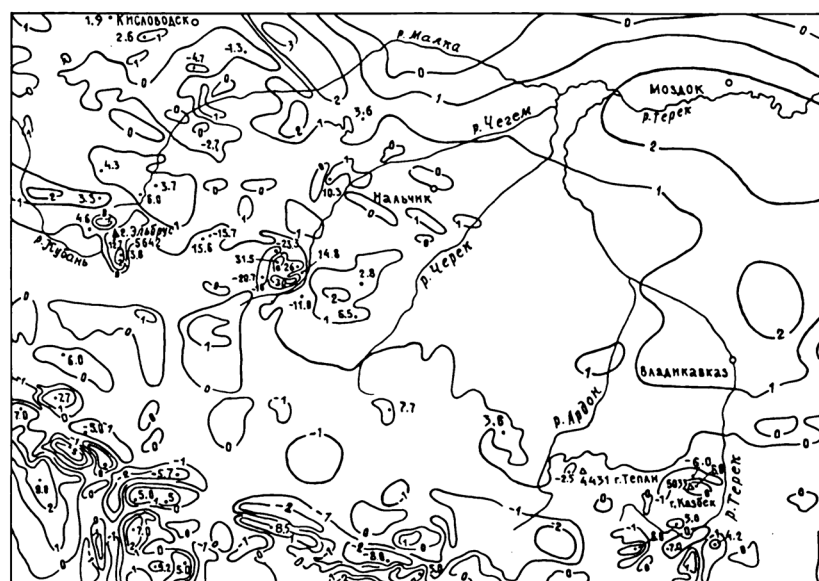


Схема аномального магнитного поля в 10^2 нТл

км 0 10 20 30 40 50 км

Рис. 4. Схемы гравитационного и магнитного полей

глубинах порядка 5-ти км. Общая мощность земной коры доходит до 50-ти км за счёт вероятного удвоения мощности условного «базальтового» слоя.

Таким образом, следует подчеркнуть, что для горы Казбек в геофизических полях не находится признаков вулкана, что неоднократно подчёркивалось ранее. То есть Казбек следует рассматривать, в отличие от Эльбруса, в крайнем случае, как потухший вулкан, а, вернее, как одну из вершин горной цепи Главного Кавказского хребта, не угрожающую возобновлением вулканической деятельности.

Литература

1. Апродов В.А. Вулканы М. 1982.
2. Шемпелев А.Г. Глубинное строение Казбекского мегаблока Большого Кавказа // Материалы ХLI Тектонического совещания «Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики». М., 2008. С. 463-467.
3. Шемпелев А.Г. Разломно-блоковая тектоника Северного Кавказа по геофизическим данным // Геологический журнал. Киев. 1982. №4. С. 97-108.
4. Шемпелев А.Г., Пруцкий Н.И., Компаниец М.А., Морозова А.Г., Кухмазов С.У., Пьянков В.Я. Результаты глубинных исследований вдоль Приэльбрусского профиля (вулкан Эльбрус – Кавказские Минеральные Воды) // Вулканизм, биосфера и экологические проблемы. Сборник материалов VI Международной научной конференции. Майкоп – Туапсе, 2011. С. 103-105.

CHARACTERISTICS OF GEOPHYSICAL FIELDS ON THE ELBRUS AND KAZBEK

© 2014 V.B. Zaalishvili¹, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., N.I. Nevskaja¹,
Sc. Candidate (Geol.-Min.), L.N. Nevski¹, A.G. Shempelev^{1,2}, Sc. Candidate
(Geol.-Min.)

¹Center of Geophysical Investigations of VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov
street, Vladikavkaz, 362002, Russia, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ²JSC
«Kavkazgeoks'emka» 203, Kislovodskaja street, Essentuki, 357623, Russia,
e-mail: shemp38@yandex.ru

In the article the features of geological structure of Elbrus and Kazbek are examined. One of the features of the gravity fields of the Caucasus is the availability for areas of Elbrus and Chegem Highlands most minimum values in the big Caucasus region.

The positive values of the gravitational field of the Kazbek district, are determined by the surface layer with excessive densities of $0,15 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ the top and bottom borders are at depths of about 0.5 and 4.5 km.

Area of the main ridge of the Central Caucasus has at the regional level the lower values of the magnetic field, which is complicated by alternating local anomalies.

Keywords: the force of gravity, gravitational field, magnetic anomalies. Elbrus, Kazbek, Tepli, glacier.

УДК 550.34

СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ

© 2014 В.Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф., Н.И. Невская, к.г.-м.н.

Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, г.

Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_gas@mail.ru

Рассмотрено развитие сейсмологических наблюдений на территории Республики Северная Осетия-Алания. Создание локальных сетей сейсмических наблюдений является составной частью комплексных геофизических наблюдений в регионе и позволяет разработать геолого-геофизических аспекты устойчивого развития горных территорий, исследовать напряженно-деформированное состояние горного массива при технологическом вмешательств и, наконец, исследовать опасные эндогенные и экзогенные процессы и сопутствующие им опасные геологические явления.

Ключевые слова: сейсмологические наблюдения, землетрясения, базы данных, опасные процессы.

Для обеспечения сейсмической безопасности населения необходимо осуществлять непрерывные сейсмические и геодинамические наблюдения с использованием, как региональной сети сейсмических станций, так и системы локальных сетей сейсмодеформационного мониторинга [Заалишвили и др., 2012, 2013].

Предполагается, что локальные сети формируются из площадных расстановок сейсмических станций (исключая микрогруппы), оперирующих на поверхности Земли в пределах сейсмоопасных районов территории континентальной части России, и нацеленных на регистрацию колебаний грунта от естественных источников тектонического происхождения.

Наблюдения с помощью локальных сетей сейсмических станций в составе службы обычно связываются со следующими областями применения:

- 1) сейсмологические наблюдения по регистрации местных землетрясений в пределах сейсмоопасных районов и сейсмоактивных зон;
- 2) сейсмологические наблюдения по изучению глубинного строения земной коры и верхней мантии сейсмоактивных зон, сопряженных с ними асейсмичных областей, а также территорий сейсмоопасных районов.

Наблюдения представляют ценную информацию для идентификации сейсмоактивных разломов земной коры и сеймотектонических структур, выявления геолого-геофизических критериев сейсмогенерирующих сред и связи особенностей глубинного строения геологической среды с сейсмичностью, детального сейсмического районирования территорий, оценки сейсмической опасности важных народнохозяйственных объектов и сейсмического риска от землетрясений, изучения процессов, генерирующих землетрясения, поиска предвестников и прогноза сильных землетрясений.

Локальная сеть сейсмических цифровых станций (рис. 1) на территории республики организована и начала функционировать в 1998 году. На всех пунктах наблюдения были установлены цифровые сейсмические станции Альфа-Геон. Данные работы станций представляют значительный интерес, так как указанный период

отличается не только регистрацией большого количества сейсмических событий в Кавказском регионе, но и регистрацией события, связанного со сходом ледника Колка 20 сентября 2002 г. [Заалишвили и др., 2013]. В дальнейшем на территории республики одновременно функционировало 7-8 сейсмических пунктов наблюдений: во Владикавказе, Ардоне, Чиколе, Заманкуле, Фиагдоне, Кармадоне, Дигории и Цее (соответственно коды станций Vld, Ard, Chik, Zam, Fig, Kar, Dig, Cey). Крайне необходимая сеймостанция в пункте Кармадон (Kar) была включена в сеть 8 сентября 2003 г. после почти двухлетнего бездействия. На всех пунктах наблюдения

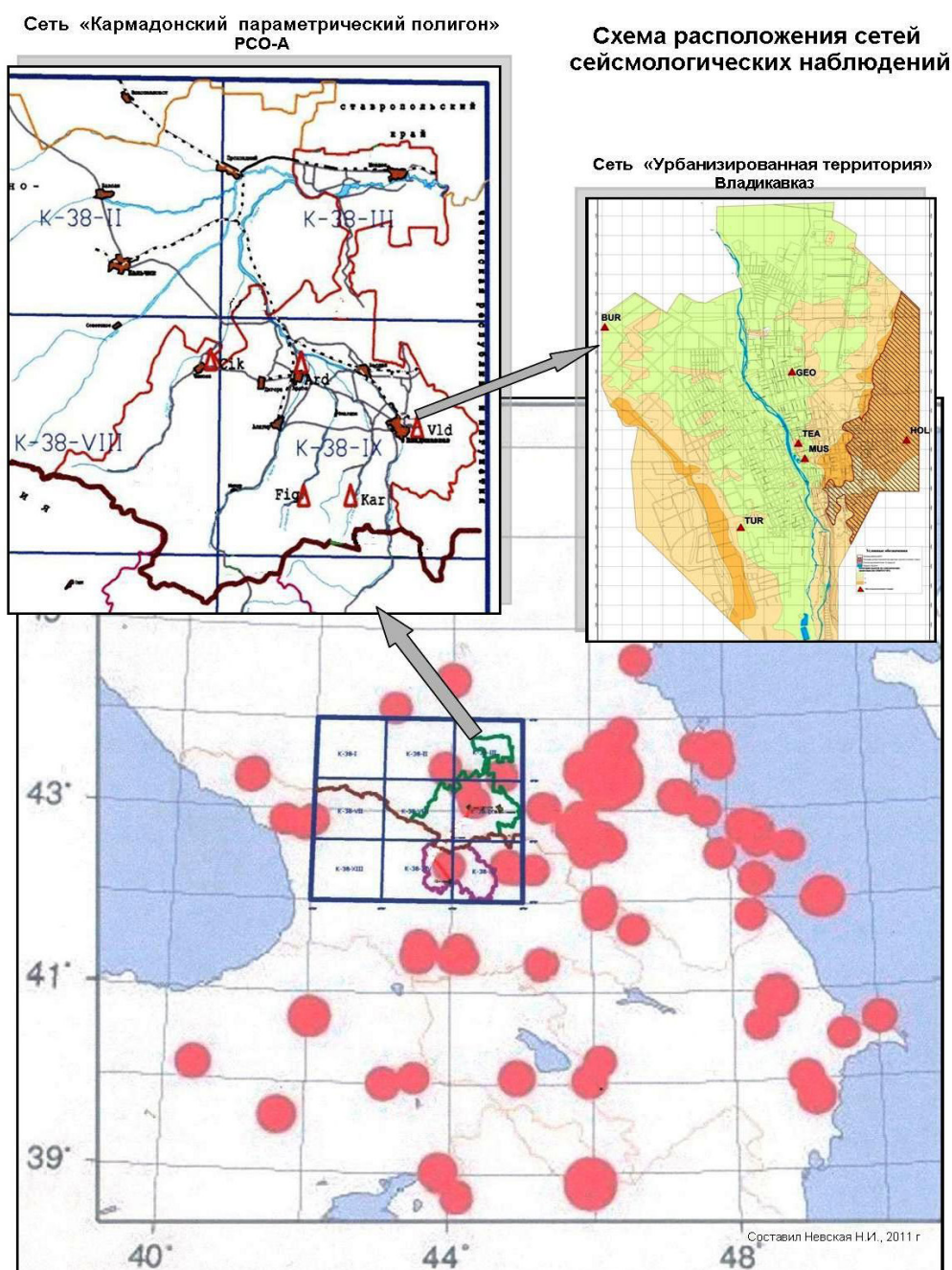


Рис. 1. Схема расположения сетей сейсмологических наблюдений разного уровня

была установлена регистрирующая аппаратура Альфа-Геон. Во втором полугодии 2004 г. с помощью GPS выполнено уточнение координат и высотных отметок на всех пунктах наблюдений локальной сети.

Схема расположения локальной сети сейсмических станций этого периода (до 2006 г.) приводится на рис. 2.

Локальная сеть республики при изучении сейсмического режима региона и оценках сейсмической опасности и риска территории зафиксировала сход ледника Колка.

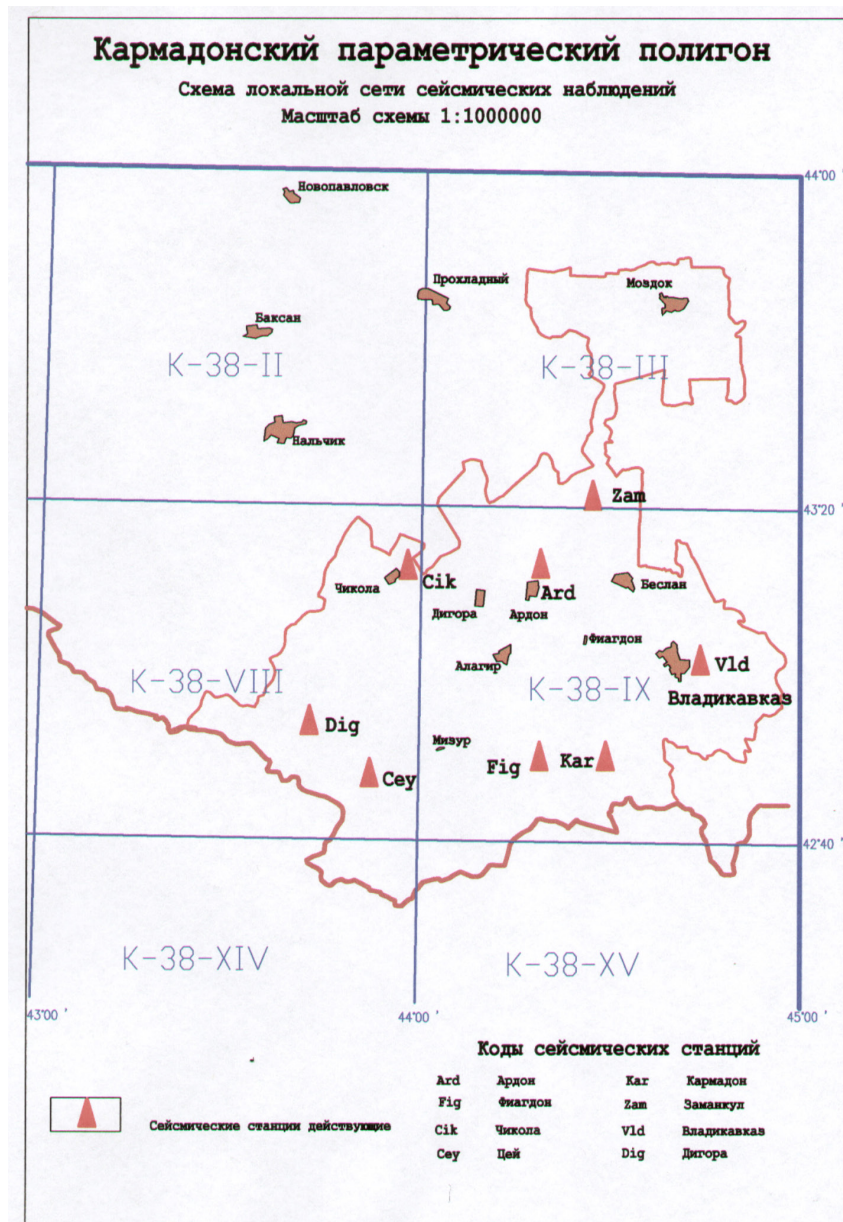


Рис. 2. Локальная сеть сейсмических наблюдений до 2006 г. Станции Альфа-Геон

Созданная база данных представляет значительный интерес, так как указанный период отличается не только регистрацией большого количества сейсмических событий в Кавказском регионе, но и записью события, связанного со сходом ледника Колка 20 сентября 2002 г. В частности, в 2002 году данные наблюдений в республике

Северной Осетии-Алании использовались в определении основных параметров 75 землетрясений Северного Кавказа. При этом следует отметить, что в региональном каталоге (январь-ноябрь) приводятся данные 364 землетрясений («Оперативный сейсмологический каталог по региону Северный Кавказ» Центральной опытно-методической экспедиции (ЦОМЭ) ГС РАН). Из приведенных данных следует, что довольно значительная часть землетрясений в регионе (20,6%) была зафиксирована станциями локальной сети РСО – Алания. Это весьма значительный вклад станций, в изучение сейсмичности, т. к. территория РСО-А составляет лишь 3-4 процента от всей территории Северного Кавказа.

После демонтажа станций Альфа-Геон в пяти пунктах наблюдений было установлено новое оборудование – регистраторы сейсмических сигналов «Дельта-Геон». После чего локальная сеть сейсмических наблюдений «Кармадонский параметрический полигон» снова начала успешно работать.

Регистратор сейсмических сигналов «Дельта-Геон» представляет собой прибор следующего поколения по сравнению с РСС «Альфа-Геон»; использование карт памяти большой емкости позволило увеличить длительность записи каждого события. Кроме того, возникает возможность производить съем информации за более длительные промежутки времени.

Локальная сеть сейсмических наблюдений с установленными станциями Дельта-Геон приводится на рис. 3.

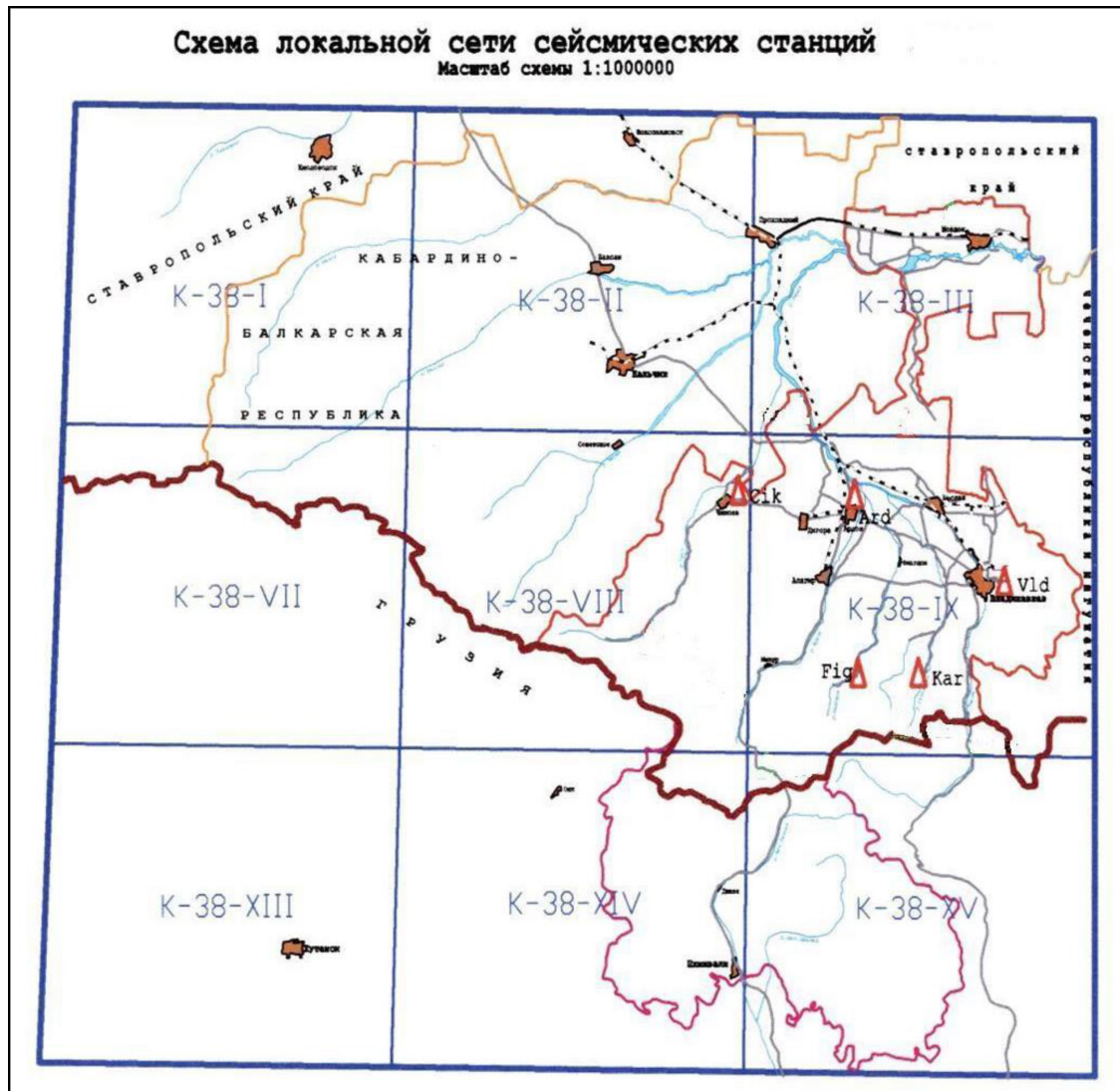
Целью создания и функционирования локальной сети «Кармадонский параметрический полигон» является мониторинг опасных природно-техногенных процессов эндогенной (вулкан Казбек, землетрясения и т. д.) и экзогенной природы (оползни, сход ледников, и т. д.). Именно в этом заключается коренное отличие указанной сети от сетей геофизической службы РАН, главной целью которой является изучение сейсмического режима территории и прогноз землетрясений.

Основной задачей функционирования локальной сети в настоящее время является формирование инструментальной основы для проведения фундаментальных научных исследований в области геофизики, в том числе сейсмологии, инженерной сейсмологии и горного дела в Республике Северная Осетия – Алания, на Северном Кавказе и за его пределами.

Создание локальных сетей сейсмических наблюдений является составной частью комплексных геофизических наблюдений в регионе и позволяет разработать геолого-геофизические аспекты устойчивого развития горных территорий, исследовать напряженно-деформированное состояние горного массива при технологическом вмешательстве и, наконец, исследовать опасные эндогенные и экзогенные процессы и сопутствующие им геологические явления.

В настоящее время, в числе основных направлений функционирования локальной сети «Кармадонский параметрический полигон», является 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.). Необходимо отметить, что прогноз землетрясений рассматривается в виде исследования инженерно-сейсмологической ситуации региона и разработки вероятностных карт сейсмической опасности, представляющих среднесрочные и долгосрочные прогностические документы.

В то же время, целесообразность прикладных задач обуславливает в отдельных, очевидно, чрезвычайных случаях возможность попыток краткосрочного прогноза



Условные обозначения



Рис. 3. Схема локальной сети РСО-А «Кармадонский параметрический полигон» с установленными станциями Дельта-Геон

землетрясений (надежность успешной реализации которого имеет практический смысл только при рассмотрении ряда поведения независимых показателей, которые могут быть использованы в качестве предвестников).

Выводы

1. По результатам сейсмического районирования территории России (ОСР-97), территория Республики Северная Осетия-Алания находится в зоне повышенного сейсмического риска. С этим обстоятельством связаны необходимость непрерывного наблюдения за сейсмической активностью, в интересах оценки сейсмической опасности территории.

2. Одной из задач работы сети «Кармадонский параметрический полигон» является исследование и оценка сейсмической опасности и сейсмического риска урбанизированных территорий. Создание локальных сетей сейсмических наблюдений является составной частью комплексных геофизических наблюдений в регионе и позволяет разработать геолого-геофизические аспекты устойчивого развития горных территорий, исследовать напряженно-деформированное состояние горного массива при технологическом вмешательстве и, наконец, исследовать опасные эндогенные и экзогенные процессы и сопутствующие им опасные геологические явления.

3. Локальная сеть сейсмических цифровых станций на территории РСО-А организована и начала функционировать в 1998 году. До 2006 года здесь функционировало 8 сейсмических пунктов наблюдений: во Владикавказе, Ардоне, Чиколе, Заманкуле, Фиагдоне, Цее, Кармадоне, Дигории (соответственно коды станций VLD, ARD, CIK, ZAM, FIG, CEY, KAR, DIG). На всех пунктах наблюдения была установлена регистрирующая аппаратура Альфа-Геон, которая работала в триггерном режиме.

4. В связи с передачей оборудования в 2006 г. произведен демонтаж сейсмических станций Альфа-Геон. После демонтажа станций Альфа-Геон в пяти пунктах наблюдений установлено новое оборудование – регистраторы сейсмических сигналов «Дельта-Геон». Регистратор сейсмических сигналов «Дельта-Геон» представляет собой прибор следующего поколения; использование карт памяти большой емкости позволяет увеличить длительность записи каждого события. Результаты анализа первых записей сейсмических событий показали, что система сохранила все положительные технические характеристики РСС Альфа-Геон и в то же время стала более современной: уменьшился вес, система съема информации стала проще, появилась реальная возможность телеметрического съема информации и т. д.

Литература

1. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Шемпелев А.Г. Мониторинг опасных геологических процессов в зоне предполагаемого Ардонского разлома и на участке трассы газопровода от сел. Дзуарикау до границы РСО-Алания // Геология и геофизика Юга России. 2012. №4. С. 25-32.

2. 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.

SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC NORTH OSSETIA-ALANIA

**© 2014 V.B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., N.I. Nevskaya,
Sc. Candidate (Geol.-Min.)**

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

The article considers the development of seismological observations on the territory of the Republic of North Ossetia-Alania. Creation of local seismic observation networks is a component part of complex geophysical observations in the region and it allows developing geologic-geophysical aspects of sustainable development of mountain territories; it also allows investigating strain-stress massif condition under anthropogenic impact and, finally, it allows investigating hazardous endogenous and exogenous processes and accompanied geological phenomena.

Key words: seismological observations, earthquakes, databases, hazardous processes.

УДК 553.08

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ДЖИМИДОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

© 2014 В.Б. Заалишвили, проф., д.ф.-м.н., З.В. Тигиева

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

Техногенное воздействие человека на литосферу приводит к крупномасштабным изменениям в природной среде, активизирует развитие в ней ряда опасных процессов и служит причиной появления новых природно-техногенных явлений. В процессе поисков полезных ископаемых с целью заверки геофизических аномалий и уточнения их природы на Джимидонском участке была проведена литогеохимическая съемка по профилям. По результатам обработки геохимических данных было выделено 5 мультипликативных ореолов (аномалий). Сопоставление всех количественных геохимических и геофизических характеристик, позволяет сделать вывод, что некоторые геохимические аномалии, выявленные на Джимидонском месторождении, скорее всего, техногенного происхождения, образованные при транспортировке руды в результате ее потери и складирования, а также при разработке разведочных выработок.

Ключевые слова: техногенное воздействие, геологическая среда, срединный градиент.

Техногенное воздействие человека на литосферу приводит к крупномасштабным изменениям в природной среде, активизирует развитие в ней ряда опасных процессов и служит причиной появления новых техногенно-природных явлений [Владимирова и др. 2002].

Это в полной мере относится к ситуации сложившейся на территории Джимидонского месторождения. Анализ предыдущих результатов исследований [Трощак Л., Трощак С., 1999] показал, что территория Джимидонского месторождения (рис. 1) относится к Садонскому участку с опасным состоянием геологической среды, которое соответствует:

- опасному состоянию по Классификации Министерства Здравоохранения, чрезвычайной экологической ситуации по классификации Министерства природных ресурсов;
- неблагоприятному состоянию по классификации Всероссийского научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО);
- кризисной обстановке по классификации Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. Карпинского (ВСЕГЕИ);
- критическому состоянию по классификации Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов Российской Академии Наук (ИМГРЭ РАН).

Можно выделить два основных типа геохимических барьеров – природные и техногенные. Они располагаются на участках изменения факторов миграции. Природные – смена одной геохимической обстановки другой обуславливается природными особенностями конкретного участка биосферы. Техногенные – смена геохи-

мических обстановок происходит в результате антропогенной деятельности [Алексеевко, 1990].

Доступность элемента к загрязнению в значительной мере зависит от конкретной геохимической обстановки на исследуемой территории. Так, сульфиды металлов в породах, защищенных от атмосферного воздуха или подземной грунтовой воды, насыщенной кислородом, являются устойчивыми. Так, например, при строительстве дороги или карьера, сульфиды, попадая в атмосферу, вступают в активную реакцию с кислородом. Это трансформирует их в подвижное, более усвояемое окружающей средой состояние. Таким образом, такой, фактически, «новый», элемент превращается в самостоятельный, дополнительный источник загрязнения [Говард, 1982]. Кроме того, в результате случайных потерь, наблюдается значительное систематическое техногенное загрязнение на участках транспортировки руды и в местах ее последующего складирования [Тигиева, Заалишвили, 2012].



*Рис. 1. Исследуемая территория Джимидонского месторождения.
Красным выделен участок, на котором проходили исследования*

Таким образом, геохимическое поле района сформировано в результате наложения и взаимодействия природных и техногенных рассеяний – концентраций, с одной стороны, и автохтонных и аллохтонных концентраций, с другой.

Для оценки качества окружающей среды, особенно с точки зрения воздействия ее агентов на биосферу, представляет большой интерес геохимическая характери-

стика воды, донных отложений, почв и растительности. С другой стороны, влияние различных химических элементов первичных концентраций в коренных породах представляет интерес с точки зрения генетических интерпретаций и в данном приложении фиксируется косвенно.

Природные и техногенные концентрации химических элементов или их ассоциаций могут быть сформированы, как на месте фиксации (автохтонные), так и за счет привнесенного вещества (аллохтонные). Так, в формировании потоков рассеяния и химизма поверхностного водного стока значительная роль принадлежит веществу аллохтона. Вторичные ореолы рассеяния (грунты, почвы) образуются, в основном, за счет вещества рыхлых отложений, подстилающихся коренными породами. При этом весьма существенным является влияние ветрового переноса загрязненного вещества. В связи с этим, при характеристике химического состава вод реки Ардон и ее донных отложений следует иметь в виду не только воздействие хвостохранилища, но и отдельных геохимических полей, как техногенных, так и природных, расположенных выше по течению.

Природные концентрации химических элементов формируются в какой-то мере под воздействием состава коренных пород, но, главным образом, определяются металлогеническими особенностями территории.

Состав вод и донных отложений р. Ардон выше Унальского хвостохранилища формируются в условиях нескольких природных и природно-техногенных зон: редкометального (мышьяк, сурьма, вольфрам, молибден) и ртутного оруденения Теплинского комплекса и Наро-Мамисонского ртутного поля, колчеданно-полиметаллического Буронского рудного поля, кварцево-полиметаллического оруденения Садонского рудного поля и мощного техногенного воздействия бывших горнорудных предприятий и, особенно, Мизурской обогатительной фабрики [Газданов, 1996].

Характер вторичных ореолов и потоков рассеяния загрязнения определяется как первичным источником вещества, так и ландшафтно-геохимическими характеристиками района. Источником токсических тяжелых металлов в рассматриваемом районе являются горные породы, рудные образования, первичные ореолы полиметаллических месторождений и техногенные образования: отвалы горных выработок, выбросы обогатительных фабрик, линейные вторичные источники – автодороги, подвесные канатные дороги и шламы в хвостохранилищах обогатительных фабрик.

В ландшафтно-геохимических процессах, обуславливающих пространственную дифференциацию химических элементов, выделяются три фазы: мобилизации, транслокации и аккумуляции химических элементов [Галазовская, 1988]. В результате этого формируется поле вторичных геохимических ореолов, фиксация элементов которого значительно проще, чем интерпретация. Первая фаза мобилизации характеризуется переходом химических элементов из менее подвижных в более подвижные при данной обстановке формы: разрушение коренных пород и руд, освобождение под воздействием эрозии и гравитационной сепарации обломочных минеральных форм в рыхлых отложениях и переход менее растворимых солевых форм в более растворимые в данной обстановке. В фазе «транслокации» происходит перемещение химических элементов в пространстве в составе миграционных потоков: склоновое перемещение вещества в делювии: перенос водными потоками тонкой обломочной фракции и солевых образований в растворимых формах, инфильтрация подвижных растворимых форм в почвах и растениях, ветровой перенос

пылевого вещества – в данном случае, из хвостохранилища обогатительной фабрики. В третьей фазе «аккумуляции» осуществляется вывод химических элементов из миграционных потоков в результате их переходов из более подвижных в менее подвижные формы, накоплением в твердой фазе компонентов ландшафтов и в составе биогенного вещества. Значительная аккумуляция наблюдается на геохимических барьерах – участках, где на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение скорости миграции вещества и, в результате формируется высокая концентрация химических элементов. В условиях исследуемого района имеют место как механические, так и физико-химические барьеры, характер которых зависит от микроландшафтной обстановки. Механические барьеры здесь представлены участками резкого выполаживания делювиальных склонов, перепадов скоростей водных потоков, локальными ветровыми теньями.

В процессе поисков полезных ископаемых с целью заверки геофизических аномалий и уточнения их природы на Джимидонском участке была проведена литогеохимическая съемка по профилям. Было установлено, что ореолы элементов имеют комплексный состав и характеризуются отсутствием четкой структурной приуроченности. В основном они имеют небольшие размеры, иногда вытянуты в северо-восточном или субмеридиональном направлении или изометричны (рис. 2).

В строении ореолов ряда элементов фиксируется следующая особенность: наиболее высокие концентрации Bi , As , Mo и пониженные концентрации Zn , Cu , Va и Co фиксируются в диагональной полосе, контролируемой положением вулканитов садонской свиты и разломами разных порядков и разных направлений. Менее четко эта закономерность проявляется в строении ореолов серебра и вольфрама.

При изучении применялся мультипликативный метод, при котором содержания элементов-индикаторов не суммировались, а перемножались. При мультипликативном методе элементы-индикаторы предварительно разделялись на группы, накапливающиеся в надрудных или подрудных частях ореолов с использованием универсального ряда зональности [Григорян, Янишевский, 1968].

Помимо геохимического изучения были проведены геофизические работы методом СГ-ВП, полевые измерения вызванной поляризации с установкой СГ (срединного градиента). С целью определения геометрических параметров поляризующихся тел на аномалиях ВП выполнялись ТЗ (точечное зондирование).

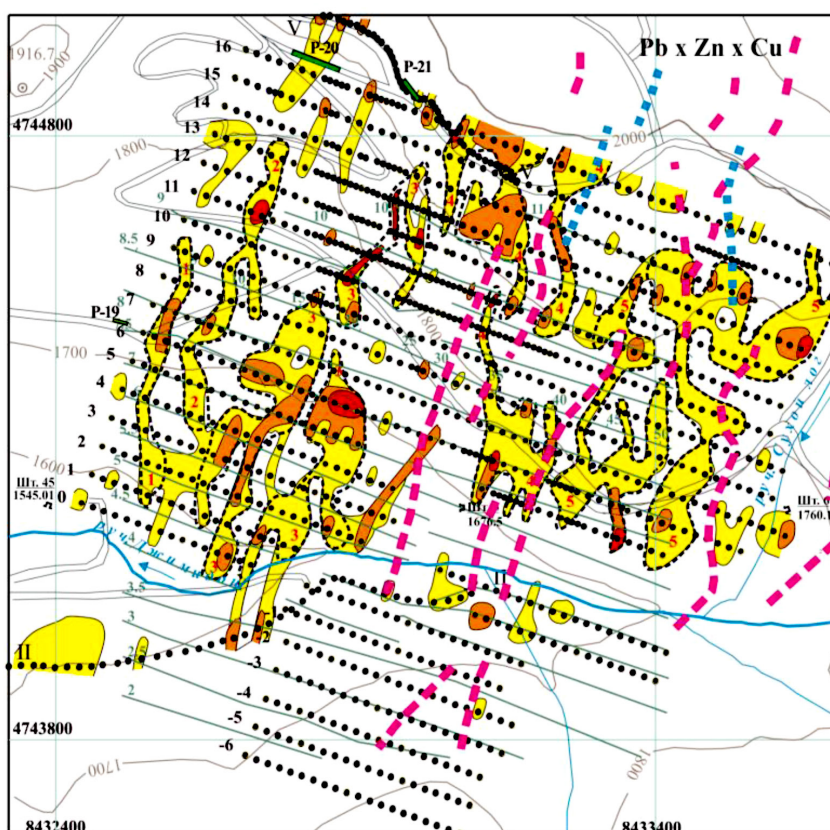
По результатам обработки геохимических данных было выделено 5 мультипликативных ореолов (аномалий), в строении которых отсутствует закономерность, заключающаяся в литолого-структурном контроле моноэлементных ореолов, их преимущественной приуроченности к вулканитам осетинской свиты, и более четко проявляется общее северное и северо-восточное направление в их структурной позиции.

Сопоставление всех количественных геохимических характеристик участков территории (площадь аномалии, мультипликативный показатель, показатель интенсивности, значение произведения нижнерудных элементов), проведенное в балльной шкале, позволило выявить ряд отчетливых аномалий по убыванию их перспектив на полиметаллическое оруденение.

З.В. Тигиевой на основе имеющихся данных [Каллагов и др., 2007] была составлена карта геохимических аномалий Джимидонского месторождения (рис. 2).

Далее было проведено изучение геоморфологических особенностей участков территории, включающих выявленные аномалии. Было установлено наличие от-

четливых склоновых эффектов, которые с большой вероятностью явились причиной гравитационного движения рудовмещающих горных пород извлеченных в результате бурения разведочных скважин в процессе транспортировки и, наконец, складированных. С другой стороны, преобладающие направления воздушных ветровых потоков (роза ветров) за счет переноса пылевидных частиц загрязненного вещества также ответственны за увеличение границ аномалий, по большей части, в тех же природных рельефных ловушках, где из-за склоновых эффектов и гравитационного движения рудовмещающих горных пород, формируются техногенные геохимические аномалии. Кроме того, гидрогеологические условия участков, очевидно, также вносят свой вклад в их формирование.



Условные обозначения

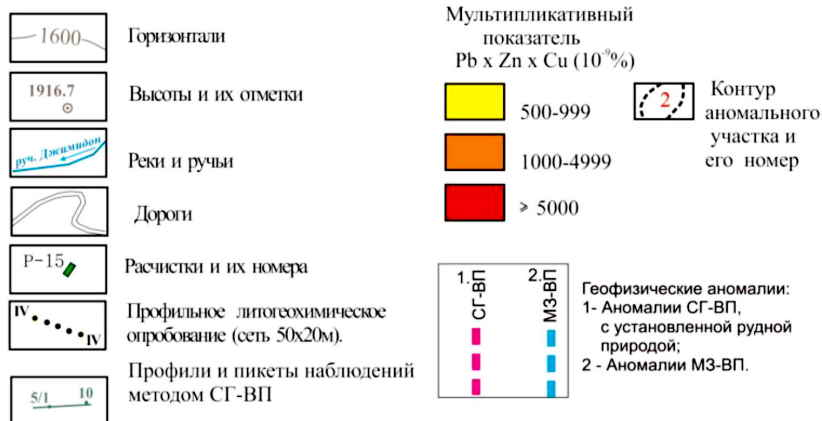


Рис. 2. Карта геохимических аномалий Джимидонского месторождения (участок Южный) (Тигиева З.В., 2014)

Анализ карты геохимических аномалий Джимидонского месторождения (рис. 2) с учетом рельефа поверхности и направлений воздушных потоков ясно показывает, что наиболее перспективными для горнодобывающей промышленности являются геохимические аномалии, расположенные в восточной части территории (зоны 4 и 5), а аномалии расположенные на западе (зоны 1, 2 и 3), скорее всего, – техногенного происхождения.

Таким образом, сопоставление всех количественных геохимических характеристик участков территории и учет геоморфологических, атмосферных (роза ветров) и, очевидно, гидрогеологических особенностей указанных участков, позволяет весьма обоснованно дифференцировать аномалии природного и техногенного происхождения.

Выводы

– Сопоставление всех количественных геохимических и геофизических характеристик, позволило выявить аномалии на Джимидонском месторождении, скорее всего, техногенного происхождения, образованные при транспортировке руды в результате ее потери и складирования при разработке разведочных выработок.

– Группа аномалий на рассматриваемой территории, обусловлена сложным наложением природного геохимического поля и техногенных воздействий различной природы: стоков шахтных вод, поверхностного стока и пылевого переноса материала с отвалов горных выработок.

Литература

1. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. – М.: Недра, 1990.-287с.
2. Владимирова В.А., Воробьева Ю.А., Осипова В.И. Природные опасности России. Природные опасности и общество. Тематический том. М.: Изд-во «КРУК» 2002.–248 с.
3. Газданов А.Ц. Отчет о научно-исследовательской работе «Подготовка экологически напряжённых локальных объектов к мониторингу (Оценка техногенного воздействия хвостохранилищ Мизурской и Фиагдонской обогатительных фабрик на окружающую среду), г. Владикавказ, 1996
4. Галазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М., «Высшая школа», 1988.328 с.
5. Говард А.Д., Ремсон И. Геология и охрана окружающей среды. – Л.: Недра. 1982. – 583с.
6. Григорян С.В., Янишевский Е.М. Эндогенные геохимические ореолы рудных месторождений и их использование при поисках скрытого оруденения. М.,Недра,1968.
7. Каллагов М.В., Давыдов К.В. и др. Отчет о результатах работ по объекту «Прогнозно-поисковые работы на скрытые свинцово-цинковые месторождения в обрамлении Садонского рудного района (Республика Северная Осетия-Алания)» за 2004-2007 гг. – ТФГИ по ЮФО, 2007.
8. Тигиева З.В., Заалишвили В.Б. Влияние горнодобывающей промышленности на экологическую обстановку территории на примере Джимидонского месторождения. Тезисы докладов участников II Региональной междисциплинарной конференции молодых ученых «Наука – Обществу» 29 ноября 2012 г.

9. Трощак Л.А., Трощак С.А. Отчет о результатах геоэкологической съемки масштаба 1:200000 территории РСО-Алания (1 этап.) – 1999.-№453-Фонды СКЦМР.

GEO-ECOLOGICAL ANALYSIS OF THE COMPLEX GEOCHEMICAL POLYMETALLIC DZHIMIDON LAYER STUDIES RESULTS

© 2014 V.B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., Z.V. Tigieva

Center of Geophysical Investigations VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov street,
Vladikavkaz, RNO-A, 362002, Russia, e-mail: vzaal@mail.ru

The technogenic action of man on the lithosphere leads to the large-scale changes in the natural medium, activates the development in it a number of dangerous processes and serves as a reason of the new natural-technogenic phenomena appearance. In the process of the mineral searches for the purpose of geophysical anomalies verification and refinement of their nature in the Dzhimidon site was the lithochemical survey along the profiles carried out. According to the results of geochemical data processing were isolated 5 multiplicative halos (anomalies). The comparison of all quantitative geochemical and geophysical characteristics, makes it possible to draw the conclusion that some geochemical anomalies, revealed on the Dzhimidon layer, most likely, has the technogenic origin, formed with the transport of the ore as a result of its loss and storing, and also with the development of prospectings.

The keywords: technogenic action, geological medium, middle gradient.

УДК 550.34.01

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ СИЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ

© 2014 В.Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф., К.С. Харебов,
к.т.н., А.К. Харебов

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

В работе рассмотрены структура и принципы построения базы данных сильных движений, созданной на основе инструментальных записей землетрясений системы KNET с мая 1996 г.

Ключевые слова: землетрясения, сильные грунтовые движения, KNET, базы данных.

Исследование взаимных связей показателей сейсмического воздействия на основе анализа инструментальных записей землетрясений различной интенсивности для целей сейсмостойкого строительства и инженерной сейсмологии проводится в ЦГИ ВНЦ РАН с 2002 г. [Заалишвили и др., 2002, 2014; Харебов, 2006; Заалишвили, Харебов, 2007] в рамках разработанной базы данных сильных движений SMDB (Strong Motion Data Base).

В процессе исследований выявились недостатки существующих баз данных: например, отсутствие необходимой детальности или важных характеристик при описании грунтовых условий. При этом следует отметить, что описания данных грунтовых условий весьма разрозненны и часто расплывчаты. Это и привело к исключению сомнительных записей из рассмотрения. В то же время, необходимо отметить, что разброс данных может быть большим даже в пределах одной и той же станции, т.к. каждое землетрясение характеризуется отчетливой индивидуальностью с присущими ему спектральным составом приходящих колебаний, амплитудой сейсмического воздействия, эпицентральной дистанцией и т.д.

Анализ указанных данных позволил установить тенденции корреляционных связей между параметрами грунтового движения. В частности, рассматривались показатели потенциала «повреждаемости» объекта и их связь с уровнем проявленной интенсивности или сейсмического эффекта землетрясений. В качестве таких параметров рассматривались кумулятивная абсолютная скорость, индекс интенсивности Анга, площади реального и нормализованного спектров колебаний грунтов и т.д.

В базе данных производится расчет показателей разрушительного потенциала землетрясений, которые предложены различными авторами. Это – интенсивность Хаузнера, мера Фаджфара, индекс полной входной энергии, интенсивность Ариаса, кумулятивная скорость и т.д.

Кумулятивный квадрат ускорений (модифицированная интенсивность Ариаса):

$$I_A(t) = \int_0^t a^2(\tau) d\tau$$

где $a(t)$ – акселерограмма, $\bar{t} = t_{0,95} - t_{0,05}$ – эффективная продолжительность землетрясения.

Кумулятивная абсолютная скорость:

$$I_V(t) = \int_0^t |a(\tau)| d\tau$$

Индекс Интенсивности Анга:

$$I_{Ang} = \sigma_a \sqrt[1.5]{\bar{t}}$$

Мера Fajfar:

$$I_F = V_{\max} \sqrt[1.5]{\bar{t}}$$

где V_{\max} – пиковая скорость.

Интенсивность Хаузнера:

$$I_{Hauzner} = \int_{T=0.1c}^{T=2.5c} V_{\max}(t) dt$$

где $V_{\max}(T)$ – спектр псевдоскорости (демпфирование – 5%, T – период), или

$$I_H \approx 10^{0.759M - 0.867 \lg R_0 - 2.498} (T_2 - T_1)$$

$$T_1 = 0.1c \quad T_2 = 2.5c$$

Индекс полной входной энергии:

$$E_j(t) = \int_0^t a(\tau) \dot{x}(\tau) d\tau$$

где $x(t)$ – скорость реакции:

Площадь реального спектра колебаний:

$$S_r = \int A df$$

Площадь нормализованного спектра колебаний:

$$S_n = \frac{\int A df}{A_{\max}}$$

В результате исследования были установлены различная ценность указанных показателей, а также особенности их взаимосвязей. Данные сильных грунтовых движений, имеющие в качестве исходной информации большую ценность для

сейсмологии, весьма сложно непосредственно использовать для целей инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Были разработаны новые концепции и принципы формирования баз данных сильных землетрясений. В то же время из-за особенностей объекта исследований – параметров землетрясений, характеризующихся большим разбросом данных, – многие вопросы потребовали дальнейшего изучения.

Работа программы обработки записей сильных движений осуществлялась в следующей последовательности (рис. 1):

1. Ввод исходных данных о событии, станции, грунтовых условиях и др. (в виде списка файлов подлежащих обработке);
2. Преобразование и проверка исходных данных, а также ввод данных в основную базу данных программного продукта;
3. Вычисление спектров Фурье с использованием быстрого преобразования Фурье, расчет параметров для дальнейшего статистического анализа;
4. Графический вывод результатов;
5. Установление взаимосвязей между параметрами землетрясения и грунтовыми условиями с использованием статистического анализа.

При выводе графических результатов производилось автоматическое масштабирование соответствующих координатных осей.



Рис. 1. Структурная схема программы обработки данных

Основой послужили банк записей землетрясений ЦИГЕД ОИФЗ РАН, были использованы инструментальные записи землетрясений, зарегистрированных системой K-NET, а также записи разрушительного землетрясения на Тайване (1999 г.).

Система KNET

После разрушительного землетрясения в Кобе (1995 г.) в Японии за один год были обновлены и построены заново 1000 обсерваторий по всей Японии, создана система KNET, передающая данные по сильным грунтовым движениям через Интернет. Система KNET зиждется на трех основополагающих принципах: все станции используют один и тот же сейсмограф, расположенный на свободной площадке; станции образуют равномерную сеть по всей Японии, имея, практически, одинаковое расстояние между станциями; все данные доступны пользователям через Интернет. Данные включают в себя файлы, с экспериментально измеренными параметрами грунтов. С 01.04.1997 года эти данные доступны. Стоимость проекта составила 30 млн. долларов США, ежегодное обслуживание – 5% от этой суммы. Обслуживают KNET три человека, включая инженера-компьютерщика.

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). Указанные величины даются в виде скоростных разрезов, соответствующих грунтовых толщ, индексов пенетрации, и других показателей грунтовых слоев инженерно-геологического строения участков. Более того, имеются графические изображения указанных инженерно-геологических разрезов. При этом необходимо отметить, что данные инженерно-геологические раз-

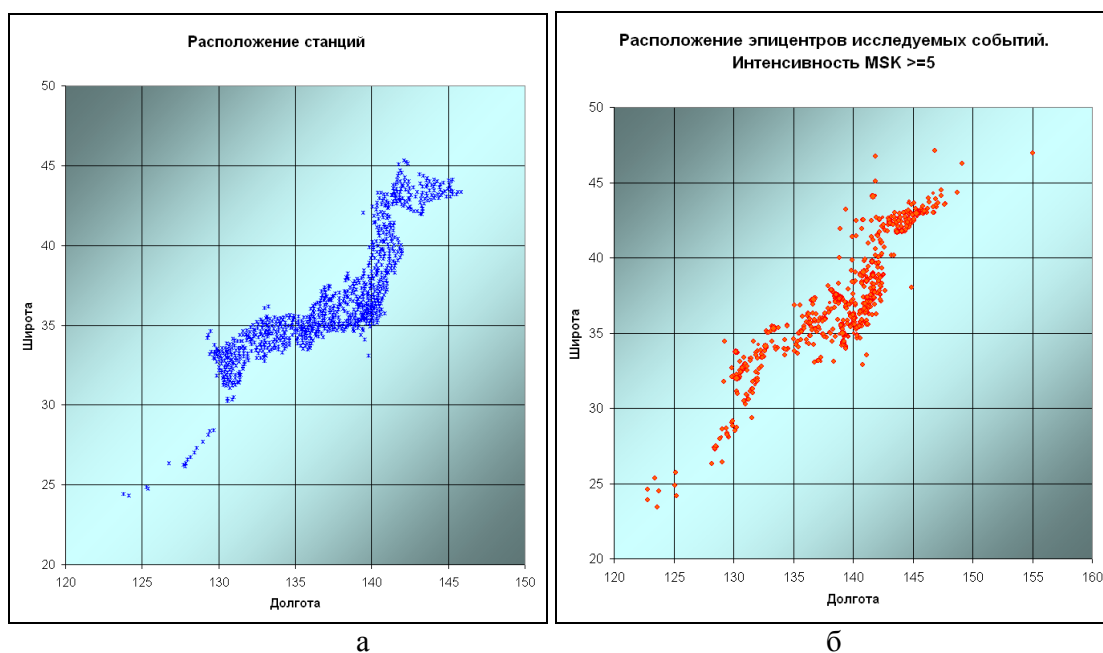


Рис. 2. Расположение станций KNET (а), расположение эпицентров событий (б).

резы описывают строения участков расположения соответствующих сейсмических станций, представляющих густую сеть регистрационной системы сильных грунтовых движений.

К неудобству использования данных KNET относится отсутствие возможности прямого скачивания максимальной интенсивности – она рассчитывается программно, а также наличие бракованных записей.

Мы использовали данные, полученные официально через Интернет с сайта <http://www.k-net.bosai.go.jp/> и их разрешено использовать в некоммерческих целях.

Расположение эпицентров имеющихся в базе данных событий приведено на рис. 2. Размер кружка соответствует магнитуде землетрясения – чем выше магнитуда, тем больше радиус.

База данных состоит из следующих полей:

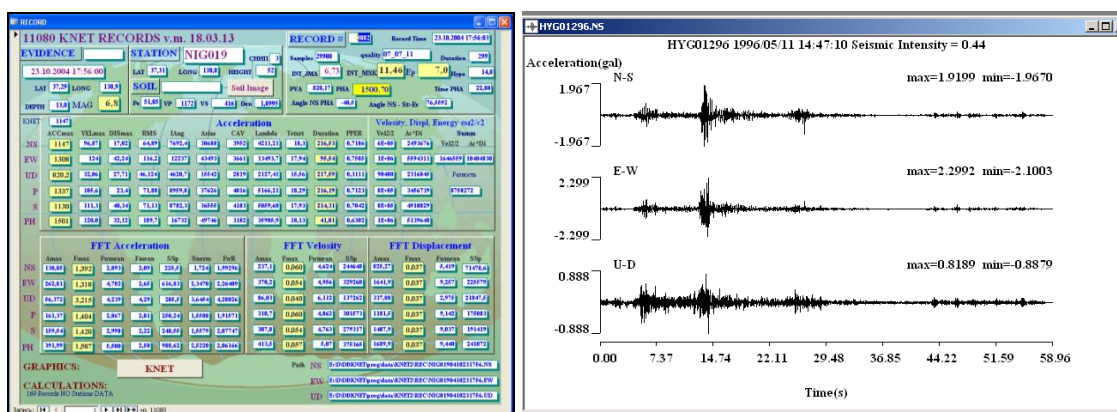
№	Код	Описание
1.	DATE	Дата события
2.	STCODE	Код станции
3.	DEPTH	Глубина очага
4.	MAG	Магнитуда
5.	INT	Макс. интенсивность
6.	SAMPLES	Кол-во отсчетов
7.	HYP0	Расстояние до очага
8.	R	Эпицентральное расстояние
9.	PHA	Пиковое горизонтальное ускорение
10.	PVA	Пиковое вертикальное ускорение (=UDAMAX)
11.	ACC	Максимальное ускорение*
12.	RMS	RMS ускорение*
13.	IANG	Интенсивность Анга*
14.	IARI	Интенсивности Ариаса
15.	CAV	Суммарная абсолютная скорость*
16.	LAMB	Лямбда – среднеквадратичное ускорение*
17.	AMF	Максимальная амплитуда Фурье-спектра*
18.	FMA	Частота макс. Амплитуды Фурье-спектра*
19.	SP	Площадь Фурье-спектра*
20.	FWM	Средневзвешенная частота Фурье-спектра*
21.	FME	Средняя частота Фурье-спектра*
22.	SN	Площадь нормализованного спектра*
23.	DUR	Продолжительность воздействия*
24.	PPER	Преобладающий период*
25.	PEN	Средний коэффициент пенетрации
26.	VP	Средняя скорость VP
27.	VS	Средняя скорость VS
28.	DEN	Средняя плотность
29.	LG	Нижний слой – Гравий
30.	LGF	Нижний слой – Гравелистый грунт
31.	LS	Нижний слой – Песок
32.	LSF	Нижний слой – Песчаный грунт
33.	LM	Нижний слой – Ил
34.	LC	Нижний слой – Глина
35.	LO	Нижний слой – Почва
36.	LV	Нижний слой – Глина с вулканическим пеплом

37.	LPT	Нижний слой – Торфяник
38.	LR	Нижний слой – Скала
39.	F	Поверхностный слой
40.	FI	Насыпной слой
41.	G	Гравий
42.	GF	Гравелистый грунт
43.	Sand	Песок
44.	SF	Песчаный грунт
45.	M	Ил
46.	C	Глина
47.	O	Почва
48.	V	Глина с вулканическим пеплом
49.	PT	Торфяник
50.	Rock	Скала

* – для трех компонент: NS, EW, UD.

База содержит записи с интенсивностью MSK от 5 баллов и выше начиная с мая 1996 г. Также в базе данных содержатся записи с эпицентрными расстояниями от 0 до 3 км включительно при любой интенсивности.

База данных создана на основе СУБД ACCESS. Структура базы данных следующая. Записи сейсмических событий были получены через Интернет в архивированном виде, и хранятся в разархивированном виде в отдельных директориях, аналогичных «родному» формату хранения. Общий вид базы данных представлен на рис. 3а. Вывод на экран графиков, ускорений, скоростей, смещений, спектров Фурье и реакции проводится нажатием кнопки «KNET» на рис. 3а. Появляется соответствующий график (рис. 3б). Графики можно строить с помощью программного продукта KNET – SMDA (Strong Motion Data Analysis), который также рассчитывает и интенсивность события по трехкомпонентной акселерограмме, или с помощью программ автора. Для инициализации программы автора используется соответствующая процедура (на скрытой кнопке «FROM FILES») (рис. 3а), при этом данные по ускорениям, скоростям, смещениям, спектрам Фурье для всех компонент скидываются в отдельные файлы, после чего строятся и соответствующие графики. Первичный расчет параметров текущей записи проводится по нажатию скрытой кнопки «AUTO» (рис. 3а). Проводится расчет следующих характеристик: пи-



а

б

Рис. 3. Главная форма базы данных (а), запись трехмерной акселерограммы (б)

ковое горизонтальное ускорение, пиковое вертикальное ускорение, максимальное ускорение, rms ускорение, интенсивность Анга, суммарная абсолютная скорость, лямбда – среднеквадратичное ускорение, максимальная амплитуда Фурье-спектра, частота макс. амплитуды Фурье-спектра, площадь Фурье-спектра, средневзвешенная частота Фурье-спектра, квадрат средневзвешенной частоты, площадь нормализованного спектра, продолжительность воздействия, преобладающий период, средний коэффициент пенетрации, средняя скорость v_p , средняя скорость v_s , средняя плотность, гравий, гравелистый грунт, песок, песчаный грунт, ил, глина, почва, глина с вулканическим пеплом, торфяник, скала. Соответствующие программы написаны на Visual Basic. Для расчета спектра Фурье используется Fortran-процедура.

В базе данных приводится максимальная интенсивность в японской шкале (JMA) и в шкале МСК (MSK). Перевод в шкалу МСК был произведен по [Kramer, 1996], где приведено (рис. 2) соответствие разных шкал.

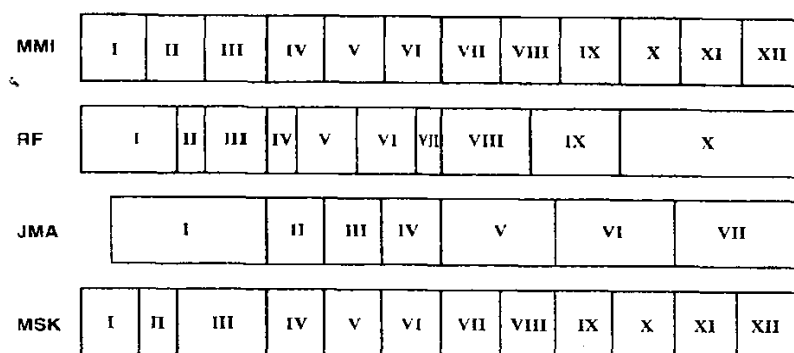


Рис. 4. Соответствие шкал измерения интенсивности сейсмического воздействия.

В соответствии с рисунком перевод со шкалы японского метеорологического общества (JMA) в шкалу MSK производился с использованием следующих коэффициентов.

Таблица 1

Коэффициенты перевода из шкалы JMA в MSK

JMA	MSK	Коэффициент перевода
0-0,2	0,5-1	$JMA * 2,5 + 0,5$
0,2-0,4	1-2	$JMA * 5$
0,4-1	2-3	$(JMA - 0,4) * 1,67 + 2$
1-4	3-6	$JMA + 2$
4-4,5	6-7	$(JMA - 4) * 2 + 6$
4,5-5	7-8	$(JMA - 4,5) * 2 + 7$
5-5,5	8-9	$(JMA - 5) * 2 + 8$
5,5-6	9-10	$(JMA - 5,5) * 2 + 9$
6-6,5	10-11	$(JMA - 6) * 2 + 10$
6,5-7	11-12	$(JMA - 6,5) * 2 + 11$

Также можно вывести спектры Фурье, мощности, энергетический и другую полезную информацию. По каждой записи, нажатием на кнопку «CALC» проводит-

ся расчет следующих характеристик: пиковое горизонтальное ускорение, пиковое вертикальное ускорение, максимальное ускорение, rms ускорение, интенсивность Анга, суммарная абсолютная скорость, лямбда – среднеквадратичное ускорение, максимальная амплитуда Фурье-спектра, частота макс. амплитуды Фурье-спектра, площадь Фурье-спектра, средневзвешенная частота Фурье-спектра, квадрат средневзвешенной частоты, площадь нормализованного спектра, продолжительность воздействия, преобладающий период, средний коэффициент пенетрации, средняя скорость v_p , средняя скорость v_s , средняя плотность, гравий, гравелистый грунт, песок, песчаный грунт, ил, глина, почва, глина с вулканическим пеплом, торфяник, скала. Соответствующие программы написаны на Visual Basic. Для расчета спектра Фурье используется Fortran-процедура.

Нажатие на кнопку «SOIL IMAGE» приводит к выводу на экран параметров грунтов в графическом виде (рис. 5а) или в цифровом виде (рис. 5б).

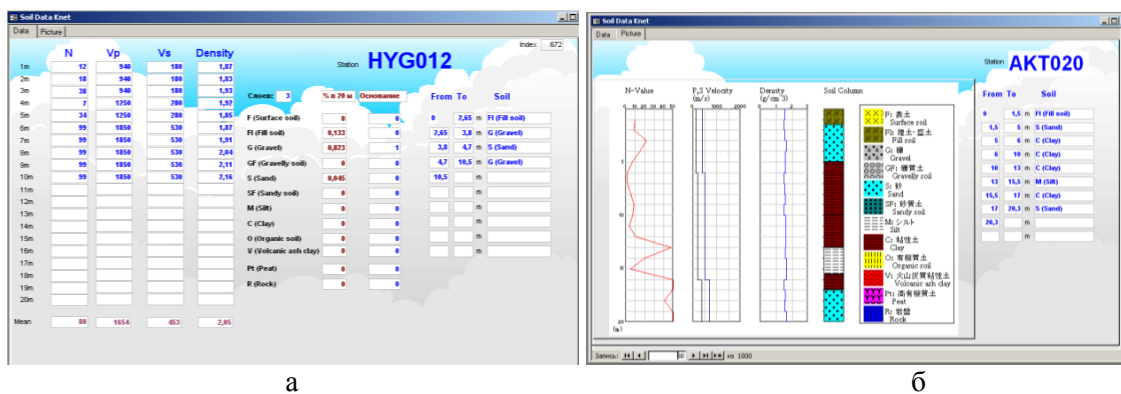


Рис. 5. Параметры грунтов сейсмических станций (а), графики параметров грунтов сейсмических станций (б)

Выводятся на экран и используются в расчетах следующие параметры грунтов: средние величины пенетрации, скорости поперечных и продольных волн, плотности. Выводятся и используются в расчетах мощность пластов грунтов различных типов – глина, песок и др. Также выводятся и используются в расчетах типы грунтов, лежащих ниже всех остальных – что представляет попытку «заглянуть» за пределы стандартного ограничения грунтовых условий 20 метрами глубины.

В KNET учитывается 12 видов грунтов: **F** (Surface soil), **FI** (Fill soil), **G** (Gravel), **GF** (Gravelly soil), **S** (Sand), **SF** (Sandy soil), **M** (Silt), **C** (Clay), **O** (Organic soil), **V** (Volcanic ash clay), **PT** (Peat), **R** (Rock) – (поверхностный слой, насыпной слой, гравий, гравелистый грунт, песок, песчаный грунт, ил, глина, почва, глина с вулканическим пеплом, торфяник, скала, соответственно).

Переменные **LG**, **LGF**, **LS**, **LSF**, **LM**, **LC**, **LO**, **LV**, **LPT**, **LR** описывают нижний слой грунтовой толщи: если переменная равна «1» – то данный грунт составляет нижний слой, если равна «0» – то данный грунт не составляет нижний слой.

Переменные **F**, **FI**, **G**, **GF**, **S**, **SF**, **M**, **C**, **O**, **V**, **PT**, **R** описывают концентрацию грунтов в 20-ти метровом слое грунтовой толщи и представляют собой толщину слоя соответствующего грунта деленного на толщину грунтовой толщи, но не менее 20 м.

Точность расчетов спектра Фурье подтверждают рис. 4, где представлены амплитудные спектры Фурье для NS, EW, UD – компонент, записи HYG012 11.05.1996 14:47:10 по программе KNET (4а) и по расчетам автора (4б).

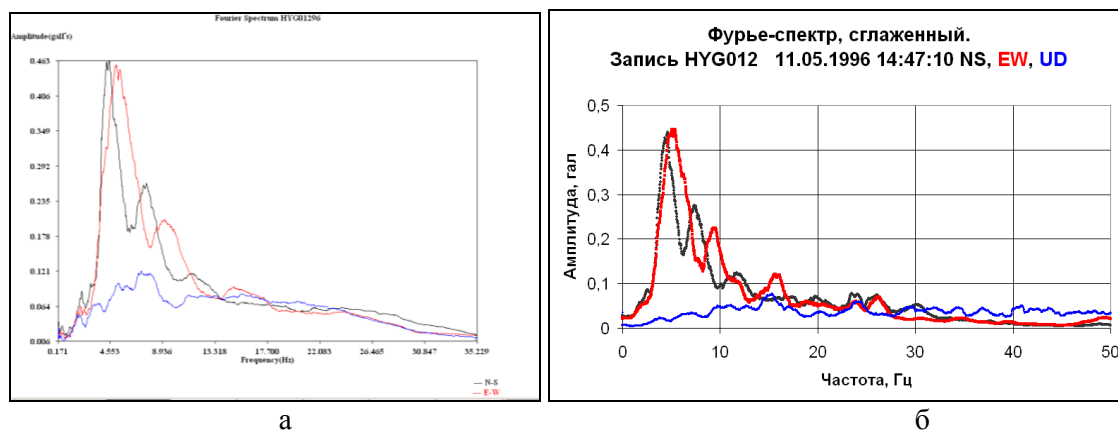


Рис. 4. Фурье-спектр для NS, EW, UD – компонент, записи HYG012 11.05.1996 14:47:10 по программе KNET (а), по расчетам автора (б)

Алгоритм расчета параметров сейсмических записей

При нажатии на кнопку «AUTO» происходит запуск программы на VISUAL BASIC, в которой производятся следующие действия.

- Считываются названия 3 файлов (NS, EW, UD) с исходными данными записи и эти файлы копируются на диск в файлы: accesNS.txt, accesEW.txt, accesUD.txt.
- Запускается программа на FORTRANe, в которой производятся следующие действия.
 - Из файлов accesNS.txt, accesEW.txt, accesUD.txt считываются координаты события и станции, количество отсчетов, масштабирующий фактор и отсчеты.
 - На основе координат станции и события рассчитывается направление и расстояние от станции до события.
 - Все отсчеты умножаются на масштабирующий фактор, находится среднее по отсчетам, из каждого отсчета вычитается среднее и создается запись (акселерограмма) землетрясения с нулевым средним. Находятся максимальная и минимальная величины отсчетов по трем каналам: NS, EW, UD. Ищется пиковое горизонтальное ускорение (РНА), равное корню квадратному из квадратов NS и EW отсчетов. Производится расчет показателя Ариаса.
 - Длительность записи оценивается следующим образом. После расчета суммы квадратов ускорений слева и справа отрезаем количество отсчетов, соответствующее 0,025 от общей суммы квадратов ускорений.
 - В выбранном интервале длительности производится расчет кумулятивной абсолютной скорости, среднеквадратичной скорости, показателя Анга.
 - Далее производится подготовка к расчету спектра Фурье. Изначально мы приняли, что спектр Фурье будет рассчитываться по 4096 точкам. Поэтому были отброшены записи с меньшим числом отсчетов. Если число отсчетов в выбранном интервале длительности меньше 4096, то начало интервала принимается как конец записи – 4096, чтобы количество отсчетов было не менее 4096. Если число отсчетов более 4096, то их количество сводится к 4096, выбирая отсчеты через несколько точек. Количество отсчетов делаем равным ближайшей степени двойки, добавляя нулевые отсчеты.

Заключение

Создана пополняемая база данных сильных грунтовых движений, содержащая более 12000 трехкомпонентных записей с 23.05.1996 с интенсивностью MSK ≥ 5 баллов, зафиксированных на 1003 станциях KNET.

Обработка инструментальных записей производилась с помощью разработанных авторами компьютерных программ на Visual Basic и FORTRAN. Для расчета спектра Фурье использована стандартная FORTRAN процедура FFT4G.F. Проведен расчет пикового горизонтального и вертикального ускорений, максимального ускорения, rms-ускорения, интенсивности Анга, интенсивности Ариаса, суммарной абсолютной скорости, среднеквадратичного ускорения, максимальная амплитуда и соответствующая ей частота Фурье спектра, площадь Фурье спектра, средневзвешенная частота Фурье спектра, площадь нормализованного спектра Фурье, продолжительность воздействия и преобладающий период.

База данных используется для исследования взаимосвязей параметров сильных движений и грунтов.

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. ЮНЦ РАН, 2007, с.455-461.
2. Заалишвили В.Б., Харебов А.К., Харебов К.С. База данных сильных движений «SMDB CGI». Свидетельство о гос. регистрации базы данных №2014621429 от 10.10.2014
3. Заалишвили В.Б., Харебов А.К., Харебов К.С. Комплекс вычислительных программ «NCB-2» для обработки инструментальных записей природных и техногенных катастроф Тезисы докл. Межд. конф. «Инф. технологии и системы: наука и практика», Владикавказ, 2002, с. 399-401
4. Харебов А.К. Базы данных сильных движений для целей сейсмического микрорайонирования. Труды «I Кавказской международной школы – семинара молодых ученых», Владикавказ, ВНИЦ РАН и PCO-A, ЦГИ, 2006, с. 212-225
5. Kinoshita S. Kyoshin Net (K-NET), Japan. Int. Handbook of Earthquake and Engineering seismology, v. 81B, 2003, pp.1049-1056.
6. Kramer. S.L. Geotechnical Earthquake Engineering. New Jersey, 1996, 657 p.

STRONG MOTION DATABASE DESIGN

© 2014 V.B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), K.S. Kharebov,
Sc. Candidate (Techn.), A.K. Kharebov

Center of Geophysical Investigations of VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov street,
Vladikavkaz, 362002, Russia, e-mail: cgi_ras@mail.ru;

The strong motions database structure and the principles of the construction, created on the basis of the earthquakes records are examined.

Keywords: Earthquake, strong ground motions, KNET, data base.

УДК 550.34.013.2:551.2 (479-924.73)

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ И СЕЙСМИЧНОСТИ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА

© 2014 Д.Н. Забирченко^{1,2}, В.А. Лаврищев¹

¹ОАО «Кавказгеолсъемка», Россия, 357600, Ставропольский край, г. Ессентуки, ул. Кисловодская, д. 203, kavkazgs@rusgeology.ru; ²Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и PCO-A, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru

В ходе исследований, связанных с комплексным мониторингом геологической среды и оценкой степени сейсмической опасности Северо-Кавказского региона, построена трехмерная модель глубинного строения Кавказа на основе данных региональных сейсмических каталогов и компиляции современных представлений о тектоническом строении и геодинамике региона.

Ключевые слова: сейсмичность, землетрясение, сейсмоактивная зона, магнитуда, гипоцентр, геодинамика, глубинное строение, эндогенные геологические процессы, геологическая среда, Северо-Кавказский регион, трехмерное моделирование, ESRI, ArcMap, 3D-Analyst, ArcScene.

Краткий обзор сейсмичности региона

В сейсмическом отношении территория европейской части России принадлежит Северной Евразии, сейсмичность которой, согласно современным представлениям, обусловлена интенсивным геодинамическим взаимодействием нескольких крупных литосферных плит – Скифской, Аравийской, Туранской. Наиболее подвижны и, следовательно, активны границы плит, где формируются крупные сейсмогенерирующие орогенические пояса. В европейской части России самой высокой сейсмичностью характеризуется Северный Кавказ. Здесь известны землетрясения с магнитудой около $M=7,0$ и сейсмическим эффектом в эпицентральной области интенсивностью $I_0=9$ баллов и выше.

На современном этапе наиболее сейсмоактивна восточная часть Северного Кавказа – территории Дагестана, Чечни, Ингушетии и Северной Осетии. Сильным сейсмическим событием последнего 10-летия являлось Курчалойское землетрясение 11 октября 2008 г. с $M=5,6$ ($H=10$ км) $I_0=7,5-8$ баллов на Восточном Кавказе (Чечня, пограничная область с Дагестаном), повлекшее за собой человеческие жертвы и разрушения. Землетрясение затронуло 5 субъектов Российской Федерации: Чечню, Дагестан, Ингушетию, Осетию и Ставропольский край, а также сопредельные территории – Грузию и Армению. Эпицентр землетрясения располагался в районе Терско-Каспийского передового прогиба. Сейсмотектоническая позиция очага определяется приуроченностью его к одному из субширотных региональных глубинных разломов Северного Кавказа – Срединному разлому «кавказского» простираения. Ранее вблизи Курчалоевского очага, в 1976 г. произошло Черногорское землетрясение с сотрясениями в эпицентре 8-9 баллов и $M=6,4$, а с конца XIX века до начала XXI известно более 20 землетрясений с силой 6 баллов и выше. К наиболее сильным из них относятся: 8-ми балльное Терское (Эльдаровское) землетрясение 1912 г. с $M=5,7$ и очагом в мантии; 7-8

балльное Веденовское 1933 г. с $M=5,2$ и несколько 7-ми балльных землетрясений, произошедших в 1785 г. (Дагестанское – I с $M=5,5$), 1928 г. (Аргунское), 1966 г. (Аргунское-II), 1969 г. (Ачхой-Мартановское), 1971 г. (Старогрозненское), 1974 г. (Салатаусское). Черногорское землетрясение 1976 г. сопровождалось многочисленными афтершоками; в 1984 г. практически в этой же эпицентральной зоне с разницей в 9 часов, произошли два землетрясения с силой 6-7 баллов и $M=5,2-5,3$, за которыми также последовали многочисленные повторные толчки. После этого сейсмического события наиболее значительными были землетрясения меньшего энергетического уровня и удалены от эпицентра Черногорского землетрясения примерно на 100 км к западу и востоку: 3 августа 1989 г. с $M=5,0$, 31 января 1999 г. с $M=5,6$ (см. описание ниже), 12 октября 2006 г. с $M=4,5$ с очагом в верхней мантии. Ближайшие к очагу значительные по силе и ощутимости землетрясения произошли 31 марта и 9 ноября 1950 г. – Гудермесское – I с $M=4,2$, $I_0=6-7$ баллов и Гудермесское – II с $M=5,0$, $I_0=6$ баллов.

Из крупных сейсмических событий в Дагестане также известны землетрясения 09.03.1830 г. (Дагестанское-II с $M=6,8$, $I_0=8-9$ баллов) и 14.05.1970 г. ($M=6,6$, $I_0=8-9$ баллов). Эпицентральной зона последнего характеризовалась обилием вторичных нарушений земной поверхности: срывов каменных масс, оползней и т. д. В результате изучения остаточных деформаций грунтов, возникших при землетрясении, в т. ч. установлено, что сейсмогенные разломы при землетрясении не появились на земной поверхности, однако наблюдалась определенная приуроченность наиболее крупных остаточных деформаций к линиям, трассирующим глубинные разломы и разрывным нарушениям; при этом ни одна из выявленных деформаций не может считаться бесспорным результатом прямого смещения по тектоническому нарушению. В результате землетрясения был нанесен значительный материальный ущерб строительству Чиркейской ГЭС, повреждены промышленные и гражданские объекты, 179 жилых домов. Вместе с тем, было выяснено, что качественно построенные здания, с соблюдением технологических правил, практически не пострадали.

В зоне, расположенной в радиусе 50 км от эпицентра землетрясения 1970 г., реализовалось землетрясение 31 января 1999 г. ($M=5,6$), ощущалось в населенных пунктах силой до 5-6 баллов. Наиболее сильное событие в период афтершокового процесса землетрясения 31 января проявилось 21.02.1999 г. с $M=5,1$ и ощущалось силой до 6 баллов. Материальный ущерб, нанесенный землетрясением 31 января и его афтершоками, составил, по оценкам МЧС Республики Дагестан, около 35 миллионов рублей.

Сильное 7-8-ми балльное Кичигамринское землетрясение произошло 03.05.1988 г. ($M=5,3$ $H=10$ км). По последним данным ССД ГС РАН ощутимая сейсмическая активность в этой области фиксировалась 16 апреля 2013 г. Землетрясение с магнитудой $M=5,1$ и глубиной гипоцентра 10 км ощущалось в Мамаауле и Кичи-Гамри (в 13 км к северо-востоку от эпицентра) силой 6 баллов, в Мюрего и Сергокале силой 5-6 баллов и в Махачкале (в 65 км к юг-юго-востоку от эпицентра) силой 3 балла.

В центральной части региона, на территории Карачаево-Черкессии, вблизи Российско-Грузинской границы, произошли Тебердинское (1902 г., $M=6,4$, $I_0=7-8$ баллов) и Чхалтинское (1963 г., $M=6,2$, $H=5$ км, $I_0=9$ баллов) землетрясения. По последним данным ССД ГС РАН ощутимая сейсмическая активность в этой области

фиксировалась 26 марта 2013 года в Карачаево-Черкессии. Эпицентр землетрясения магнитудой $M=5,2$, очаг которого находился на глубине 5 км, располагался в 3 км к северо-востоку от Домбая, в 19 км к юг-юго-западу от Теберды, в 41 км к юго-востоку от Архыза, в 56 км к юг-юго-западу от Карачаевска. Ощущалось на верхних этажах зданий в Теберде, Домбае, Архызе силой 2 балла.

На Скифской плите местная сейсмичность связана со Ставропольским поднятием, частично захватывающим Адыгею, Ставропольский и Краснодарский края. Магнитуды известных здесь землетрясений пока не достигали $M=6,5$.

Район Ставропольского поднятия является единственным районом Скифской плиты, где происходили и происходят ощутимые землетрясения. Первое из них – Ставропольское землетрясение с силой 6-7 баллов ($M=4,6$) отмечено в 1827 г.; три семибалльных землетрясения – Воровсколесское с $M=4,1$, Владимирское с $M=3,5$ и Невинномысское с $M=3,8$ произошли соответственно в 1895, 1947 и 1963 гг., и, наконец, второе Ставропольское землетрясение 1971 г. с $M=4,5$ проявилось на поверхности с силой 8 баллов. 19 октября 1999 г. произошло ощутимое землетрясение в 50 км от г. Ставрополя силой 3-4 балла.

В 1879 г. произошло сильное Нижнекубанское землетрясение ($M=6,0$, $I_0=7-8$ баллов). Многочисленные сильные и ощутимые землетрясения отмечены в районе Анапы, Новороссийска, Сочи и на других участках Черноморского побережья, в том числе и в акватории Черного моря. Активен и район Сочиного полигона, где в 1955 г. на линии Сочи – Красная Поляна произошло 7-балльное землетрясение (Краснополянское). За ним последовал рой землетрясений на побережье (в том числе и 6-7-мибалльное землетрясение в 1959 г. в районе Туапсе) и в акватории.

Нельзя не отметить самые крупные из известных землетрясений сопредельных с районом работ территорий и других зарубежных регионов (Крым, Турция, Грузия, Азербайджан, Армения), которые оказывали негативное влияние на геологическую среду Северного Кавказа. Так, землетрясения, ощущавшиеся на территории России интенсивностью до 5-6 баллов, произошли в Азербайджане в январе 1668 г. (Шемахинское-I с M около 8 и H около 20 км), в 1902 г. (Шемахинское-VII с $M=6,9$, $H=18$ км, $I_0=8-9$ баллов), в Армении в 1988 г. (Спитак $M=7,0$, $I_0=9-10$ баллов, $H=10-20$ км), в Грузии в апреле 1991 г. (Рачинское $M=6,9$, $I_0=8-9$ баллов) и в 1992 г. (Барисахское $M=6,3$, $I_0=8-9$ баллов).

Рачинское (Рача-Джавское) землетрясение 29 апреля 1991 г. охватило огромную территорию Кавказа, наиболее ярко проявившись на севере Грузии и в Южной Осетии. Землетрясение ощущалось на площади от Каспийского (Махачкала, 2-3 балла) до Черного моря (Сочи, 3-4 балла), а интенсивность сотрясений в эпицентре не превысила 8 баллов шкалы MSK-64, что было меньше ожидаемой. Данное землетрясение относится к наиболее полно изученным в инструментальном и геоморфологическом отношениях.

Основные итоги анализа накопленных материалов рассматриваются в монографии Т.П. Белоусова «Рачинское землетрясение 1991 года и его проявление в рельефе Большого Кавказа». В монографии автором, в числе других результатов, выделены сейсмогенерирующие блоки, участвовавшие в сеймотектоническом процессе Рачинского землетрясения: Гагро-Джавская зона мегантиклинория Большого Кавказа, Окрибо-Сачхерская зона Закавказского срединного массива и разделяющий их Рача-Лечхумский прогиб. Показано, что очаг землетрясения связан с разломом, ограничивающим Рача-Лечхумский прогиб с юга.

Вблизи эпицентральной зоны Рачинского землетрясения 1991 г. на юге Большого Кавказа в сентябре 2009 г. снова произошло сильное землетрясение $M=6,1-6,2$, которое проявилось на территории Южной Осетии интенсивностью 8 баллов по шкале MSK-64. Известны также землетрясения Барисахского очага. Самое сильное из них – 23.10.1992 г. ($M=6,5$), интенсивность в эпицентре составляла 7-8 баллов.

Относительно недавно имели место три крупнейших для Туранской платформы Газлийских землетрясения с магнитудами $M=7,0$ и $7,3$ – в 1976 г. и с $M=7,2$ – в 1984 г.

В Крыму отмечены 7-балльное и, особенно, разрушительное 8-балльное землетрясения, произошедшие 26 июня и 11 сентября 1927 г., с последующими афтершоками, достигавшими 6-7 баллов. Имеются исторические сведения о катастрофическом Понтикапейском землетрясении (приблизительно датируется 63 г. до н.э.), разрушившим ряд городов по обе стороны Керченского пролива.

Измитское землетрясение ($M=7,6$), произошедшее 17 августа 1999 года в Турции, унесло жизни более 17 тысяч человек, около 44 тысяч было ранено, около 500 000 осталось без крова. Гипоцентр его располагался на глубине 17 км, эпицентр находился недалеко от промышленного города Измит. Землетрясение ударило по самым густонаселенным и промышленно развитым регионам страны (рис. 1). Серьезно пострадали жилые массивы (в т.ч. и по причине низкого качества строительства), нефтеперерабатывающая промышленность, несколько автомобильных заводов, а также турецкий флот. Значительные разрушения имели место и в Стамбуле, находящемся в 70 километрах от эпицентра. Общий ущерб от землетрясения оценивался минимум в 25 000 000 000 долларов. Ощущалось землетрясение, в том числе и на юге Северо-Кавказского региона. Последние, менее крупные, но достаточно заметные сейсмические события сопредельных территорий произошли в 2006, 2007 гг. в Грузии (Рачинское, $M=5,1$ и $6,1$, $I_0=6$ и баллов).

Вопрос о наличии на Кавказе отдельных зон с сейсмическими очагами в верхней мантии неоднократно обсуждался в литературе. В более поздних публикациях предполагалось, что природа подобных сейсмических событий связана с зоной, простирающейся от Копетдага, через центральный Каспий, вдоль Большого Кавказа вплоть до Крыма.

По В.И. Уломову наиболее опасными в сейсмическом отношении для российской части Северного Кавказа и Предкавказья являются две линеаментные структуры – Кипр – Кавказская и Крым – Копетдагская [Уломов и др., 2002]. Профиль Кипр – Кавказ (протяженность 1870 км) является ключевым для оценки сейсмической опасности на Северном Кавказе и в Предкавказье (рис. 1). Он начинается от Кипра, совпадает с простираем Восточно-Анатолийского разлома и пересекает в северо-восточном направлении Кавказ, достигая акватории Каспийского моря. Сеймотектоника этого сегмента центральной части Альпийского – Гималайского складчатого пояса была объектом многих исследований и достаточно хорошо изучена в сейсмическом отношении.

Сведения о крупных землетрясениях с $M>7,0$ в юго-западной части профиля Кипр – Кавказ имеются за период, превышающий 3 тыс. лет (с 1356 г. до н.э.). За исторический период (526-1114 гг.) здесь выявлено четыре землетрясения с $M\geq 7,8$ (526 г. $M=7,9$; 859 г. $M=8,0$; 1046 г., $M=7,8$; 1114 г. $M=8,0$), однако с 1900 г. до сих пор не произошло ни одного землетрясения с магнитудой $M\geq 6,8$.

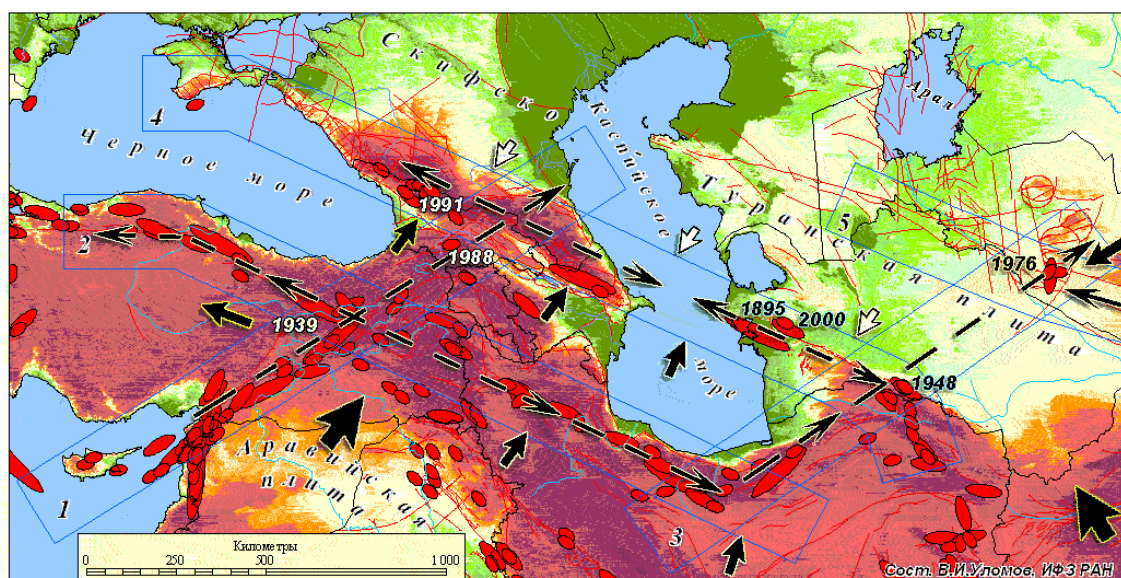


Рис. 1. Расположение профилей (полос), охватывающих сейсмолинеаменты, вдоль которых изучалось пространственно-временное и энергетическое развитие СГД-процессов (фрагмент по В.И. Уломову).

Профили: 1 – Кипр – Кавказ; 2-Анатолия – Эльбурс; 3 – Эльбурс – Туран; 4 – Крым – Копетдаг; 5 – Южный Тянь-Шань. Жирными черными стрелками указано направление геодинамического перемещения различных структур, белыми – реакция Скифско – Туранской платформы на сжимающие усилия со стороны Аравийской литосферной плиты и альпийских структур Иран – Кавказ – Анатолийского региона. Возле некоторых из очагов проставлены даты их проявления.

Крупные землетрясения с $M=7,3$ и с $M=7,0$ возникали в центральной части профиля в 1872 и 1893 гг., а в период 1900-2004 гг. заметно активизировалась его северо-восточная половина, где имели место многочисленные землетрясения с $M \geq 6,8$ в 1905, 1924, 1939, 1966, 1971 гг., случившиеся на территории Турции. Самым крупным было Эрзинджанское землетрясение 1939 г. с $M=7,8$. В 1988 и 1991 гг. произошли разрушительные землетрясения в Армении (Спитак) и Грузии (Рача – Джава). Характерной особенностью проявления сейсмичности вдоль всего рассматриваемого профиля явилось интенсивное высвобождение сейсмической энергии на протяжении семи столетий (500-1200 гг.), сменившееся таким же по продолжительности относительным сейсмическим затишьем (1200-1900 гг.). Преобладающее число очагов землетрясений вдоль всего профиля располагаются в пределах верхней части земной коры. Северо-восточное же окончание профиля Кипр – Кавказ действительно характеризуется резким снижением уровня сейсмичности при переходе к акватории Каспийского моря.

Вдоль профиля отчетливо выделяется три участка с заглубленными до 100-150 км гипоцентрами. Первый – на юго-востоке Турции и в районе Кипра, второй – на пересечении этого профиля с профилем Анатолия – Эльбурс, в районе Эрзинджана, и третий – в восточной части Большого Кавказа, в Сунженском прогибе.

Вопрос о наличии на Кавказе отдельных зон с сейсмическими очагами в верхней мантии неоднократно обсуждался в литературе. Имеются сведения о заглубленных очагах на Кавказе, в том числе в районе Терско – Сунженского прогиба. К ним относятся, в частности, землетрясения с $M=4,3$, произошедшие 17.07.1976 г. на глубине 125 км, и 18.01.1978 г. с глубиной очага 94 км ($M=3,4$).

Профиль Крым – Копетдаг (протяженность 2500 км), как и линеамент Анатолия – Эльбурс, является поперечным к направлению действующих геодинамических сил со стороны Аравийской плиты, и включает в себя два оффшорных участка – прибрежную северо-восточную область Черного моря и центральную часть Каспия [Уломов и др., 2006]. Этот профиль, в целом, достаточно четко прослеживаемый по геолого-геофизическим и сейсмологическим данным, можно разделить на четыре части. Его западная часть простирается от Крыма до середины Большого Кавказа и характеризуется относительно малым числом слабых и умеренных землетрясений при наличии палеосейсмологических свидетельств об очень крупных древних сейсмических событиях с $M \approx 7,0$ севернее Сухуми (эллипсы в этой части Большого Кавказа на рис. 1.). Сюда же следует отнести и сильное Ялтинское землетрясение 1927 г. с $M=6,8$, а также другие аналогичные по величине сейсмические события, в том числе Анапское землетрясение 800 г. до н.э. ($M=6,5$), два Керченских землетрясения – 63 г. до н.э. ($M=6,4$, Понтикапейское), 275 г. ($M=6,4$) и 1879 г. ($M=6,0$, Нижнекубанское). Имеются сведения о сейсмических событиях 1100 и 1750 гг. с $M=7,0 \pm 0,2$, случившихся на северо-западе Большого Кавказа. Здесь произошли Тебердинское землетрясение 1905 г. ($M=6,4$), Чхалтинское 1963 г. ($M=6,4$) и Рача-Джавское 1991 г. ($M=6,9$) в местах, где ранее землетрясений подобной величины не было известно. Наиболее активной, как уже отмечалось, является восточная часть Северного Кавказа. Третий, оффшорный, участок занимает центральную часть Каспийского моря, а четвертый относится к Копетдагу и области пересечения с профилем Эльбурс – Туран.

Самые крупные землетрясения вдоль этого профиля произошли по обе стороны от Каспийского моря: в 1668 г. ($M=7,8$) – в районе Шемахи, в юго-восточных отрогах Большого Кавказа, и в 1895 г. на западе Туркмении, южнее города Красноводск ($M=7,9$). В XX – начале XXI вв. здесь же возникли Казанджикское 1946 г. ($M=7,0$) и Балханское 2000 г. ($M=7,3$) землетрясения. На Копетдагском участке профиля за исторический период известны землетрясения 943 г. ($M=7,6$), 1209 г. ($M=7,4$), 1389 г. ($M=7,3$), 1405 г. ($M=7,6$). В XX в. возникли Гифанское (Гермабское) 1929 г. ($M=7,2$) и Ашхабадское 1948 г. ($M=7,3$) землетрясения. В 1902 г. по другую сторону Каспия произошло очередное Шемахинское землетрясение ($M=6,9$). Активен в сейсмическом отношении участок в акватории Каспийского моря, соединяющий полуострова Челекен и Апшерон. Здесь в 1911, 1931, 1935, 1986 и 1989 гг. произошли землетрясения с $M=6,0-6,5$.

Как и вдоль профиля Кипр – Кавказ, наибольшими глубинами очагов характеризуется восточная часть Большого и Северного Кавказа (район города Грозный). Достаточно протяженный участок заглуженных до 100 км очагов прослеживается далее на восток, включая западное побережье и акваторию Каспийского моря.

На Северном Кавказе и в Предкавказье ключевым является профиль Кипр-Кавказ. Он начинается от Кипра, совпадает с простиранием Восточно-Анатолийского разлома и пересекает в северо-восточном направлении Кавказ, достигая акватории Каспийского моря. Тектоника этого сегмента центральной части Альпийско-Гималайского складчатого пояса была объектом многих исследований и достаточно хорошо изучена в сейсмическом отношении. Сведения о крупных землетрясениях с $M > 7,0 \pm 0,2$ в юго-западной части профиля Кипр – Кавказ имеются за период, превышающий 3 тыс. лет (с 1356 г. до н. э.). За исторический период (526-1114 гг.) здесь зафиксировано четыре землетрясения с $M \geq 7,8$ (526 г., $M=7,9$; 859 г., $M=8$; 1046 г.,

$M=7,8$; 1114 г., $M=8,0$), однако с 1900 г. пока не произошло ни одного события с магнитудой $M \geq 6,8$.

Крупные землетрясения с $M=7,3$ и с $M=7$ возникали в центральной части профиля в 1872 и 1893 гг., а в период 1900-2004 гг. заметно активизировалась его северо-восточная половина, где ранее имели место многочисленные землетрясения с $M \geq 6,8$ в 1905, 1924, 1939, 1966, 1971 гг., в том числе и на территории Турции. Самым крупным было Эрзинджанское 1939 г. с $M=7,8$.

Особенностью проявления сейсмичности вдоль этого профиля явилось интенсивное высвобождение сейсмической энергии на протяжении семи столетий (500-1200 гг.), сменившееся таким же по продолжительности относительным сейсмическим затишьем (1200-1900 гг.). Северо-восточное окончание профиля Кипр-Кавказ характеризуется резким снижением уровня сейсмичности при переходе к акватории Каспийского моря.

Моделирование глубинного строения Северного Кавказа (СК) на основе данных региональных каталогов сейсмичности, геологической и геофизической изученности региона

Итак, мы обзорно рассмотрели «укрупненную ситуационную модель» региональной сейсмичности, попытки построения которой предпринимались многими исследователями с применением имевшихся традиционных технологий. Однако, для более детального изучения закономерностей развития сейсмических процессов региона и уточнения представлений о его глубинном строении, необходима более наглядная визуализация данных, позволяющая буквально «покрутить модель в руках», что дает возможность выделения пространственных линеаментов, очагов, скоплений и прочих трехмерных структур, с анализом их пространственного залегания и взаиморасположения. Технологии трехмерного моделирования в современных ГИС-системах шагнули далеко вперед, предоставляя пользователю широчайший инструментарий для обработки трехмерных геоданных. В качестве инструмента для построения модели, описываемой в данной статье, был выбран продукт компании ESRI ArcMap 9,3, а именно пакет расширения 3D Analyst и ArcScene. Данный пакет позволяет управлять 3D ГИС данными, выполнять 3D анализ, легко и быстро создавать 3D пространственные объекты, а также отображать слои в планметрическом 3D виде. В нем мы можем создать трехмерные пространственные объекты на основе двухмерных ГИС данных или оцифровать новые трехмерные векторные или растровые объекты в ArcMap, используя поверхность со значениями третьей координаты – z .

Для получения 3D-модели глубинного строения СК за основу была взята схема глубинного строения, построенная на основе обобщения современных данных геологической и геофизической изученности региона специалистами ОАО «Кавказгеолсъемка» (И.И. Греков, В.А. Лаврищев, ГК-1000, листы К-37,38,39), приведенная на рис. 2. На данной схеме выделяются блочные структуры Кавказа и Предкавказья, разделенные межблоковыми шовными зонами. Крупнейшими из блоков являются Центрально-Предкавказский, Восточно-Предкавказский и Западно-Предкавказский блоки, с юга граничащие с Центрально-Кавказским, Восточно-Кавказским и Нижне-Кубанским кристаллическими массивами. Вдоль большинства межблоковых шовных зон выделены зоны концентрации тектонических де-

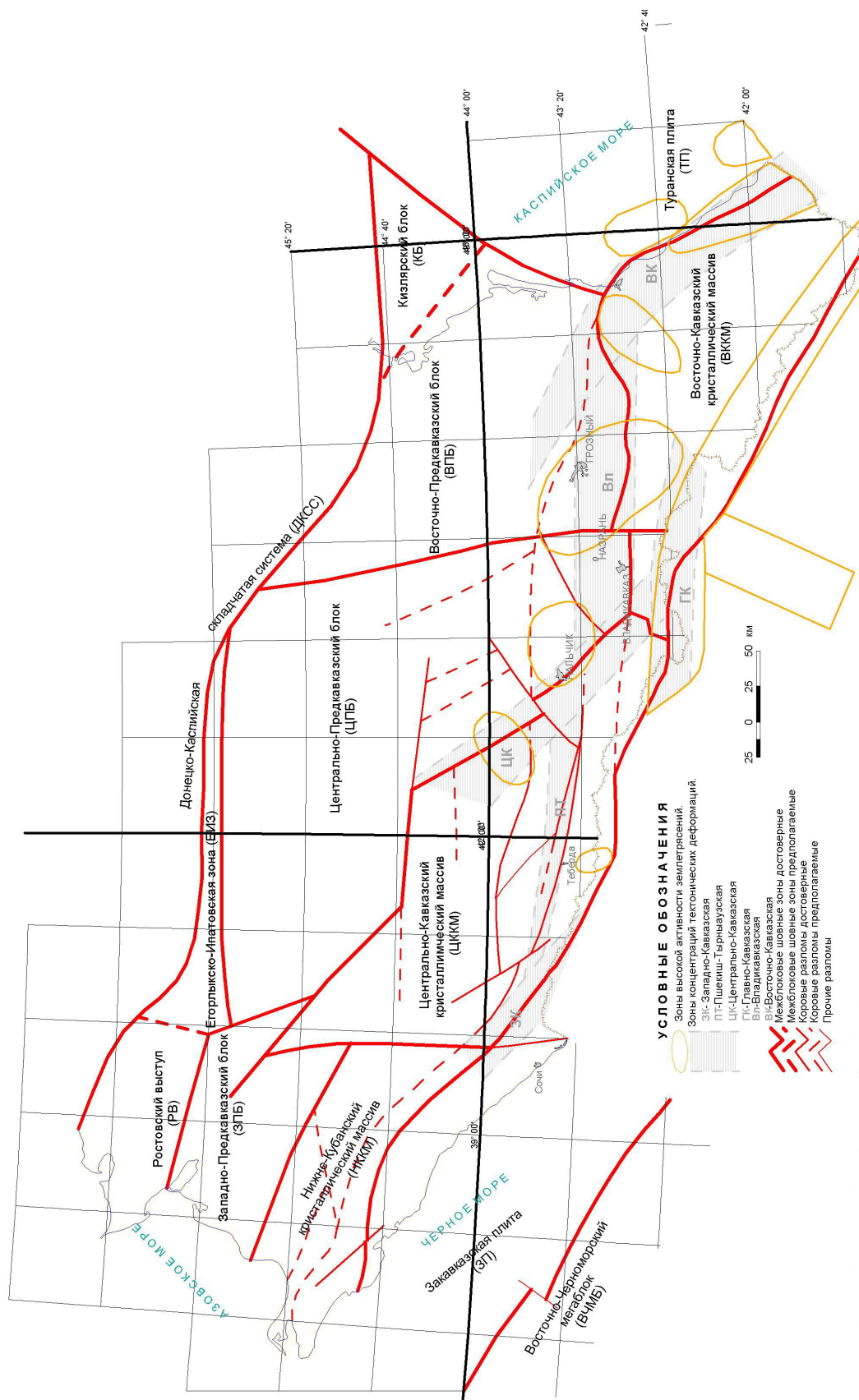


Рис. 2. Схема глубинного строения Северо-Кавказского региона (Греков, Лаврищев, ГК-1000, листы К-37,38, 39.) с уточнениями авторов.

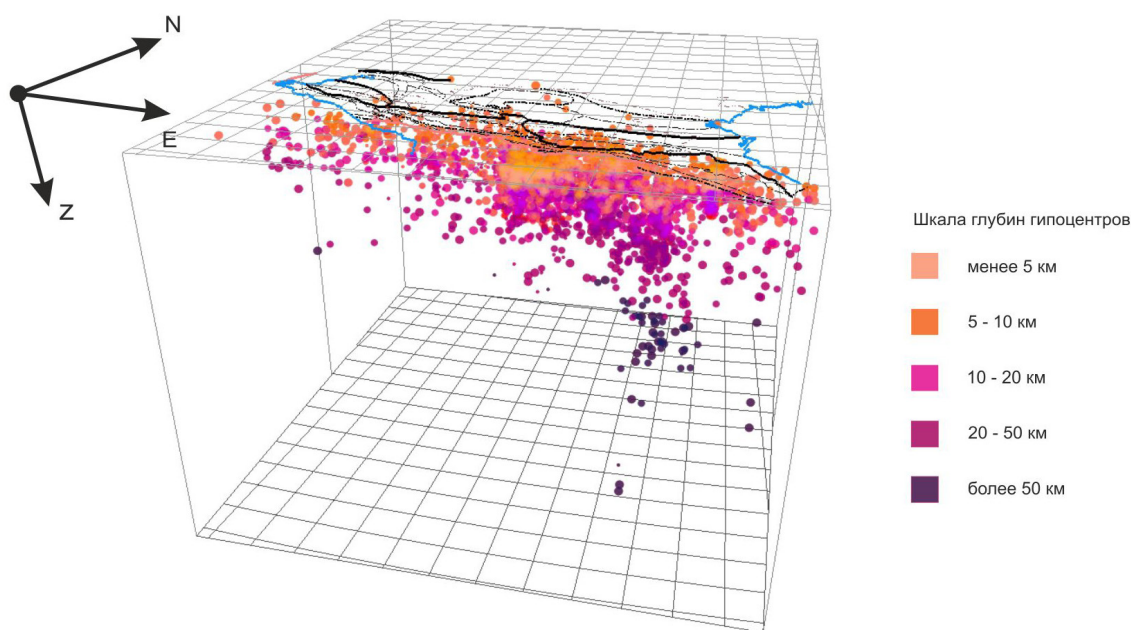


Рис. 3. Трехмерная модель сейсмичности Северного Кавказа. Общий вид

формаций – Западно-Кавказская, Пшекиш-Тырныузская, Центрально-Кавказская, Главно-Кавказская, Владикавказская и Восточно-Кавказская. Дополнительно на схему нанесены зоны высокой активности землетрясений [Греков и др., 2005].

Источником сейсмических данных послужили региональные каталоги землетрясений Геофизической службы РАН, данные каталога службы EMSC-CSEM и «Каталог землетрясений Кавказа с $M \geq 4,0$ ($K \geq 11,0$) с древнейших времен по 2000 г.» А.А. Годзиковской.

На рис. 3 приведен общий вид построенной 3D модели (далее – модель) сейсмичности Северо-Кавказского региона. Гипоцентры землетрясений ранжированы по пяти «этажам» шкалы глубин, что позволяет рассматривать пространственное расположение групп гипоцентров по отдельности, либо в произвольной комбинации. Преобладающее число очагов кавказских землетрясений сосредоточено в верхней части земной коры на глубинах до 15-20 км и только в краевых зонах Кавказской структуры они достигают глубин 25-75 км. Районы с заглубленными до 100-150 км гипоцентрами выделяются в Терско-Каспийском прогибе.

Добавление к модели векторных слоев схемы глубинного строения и схемы тектонического районирования позволило более наглядно выделить пространственные линейменты различного простирания и очаговые области (рис. 4). При более детальном рассмотрении известных Рача-Джавского или Дагестанского очагов (выделены овалами), хорошо видны границы объемных структур, близких к шарообразным, несколько вытянутым в глубину с «центром масс» на уровне 10-15 км. К сожалению, статичность иллюстрации не позволяет настолько же явно выделить множество прочих объемных структур, насколько это возможно при динамическом рассмотрении трехмерной модели. К примеру, в динамике хорошо просматривается субвертикальная глубокозалегающая цилиндрическая структура в пределах Владикавказской зоны концентрации тектонических деформаций.

В целях достижения большей наглядности при анализе корреляции сейсмолинементов и глубинных структур, была предпринята попытка «прорезать» модель

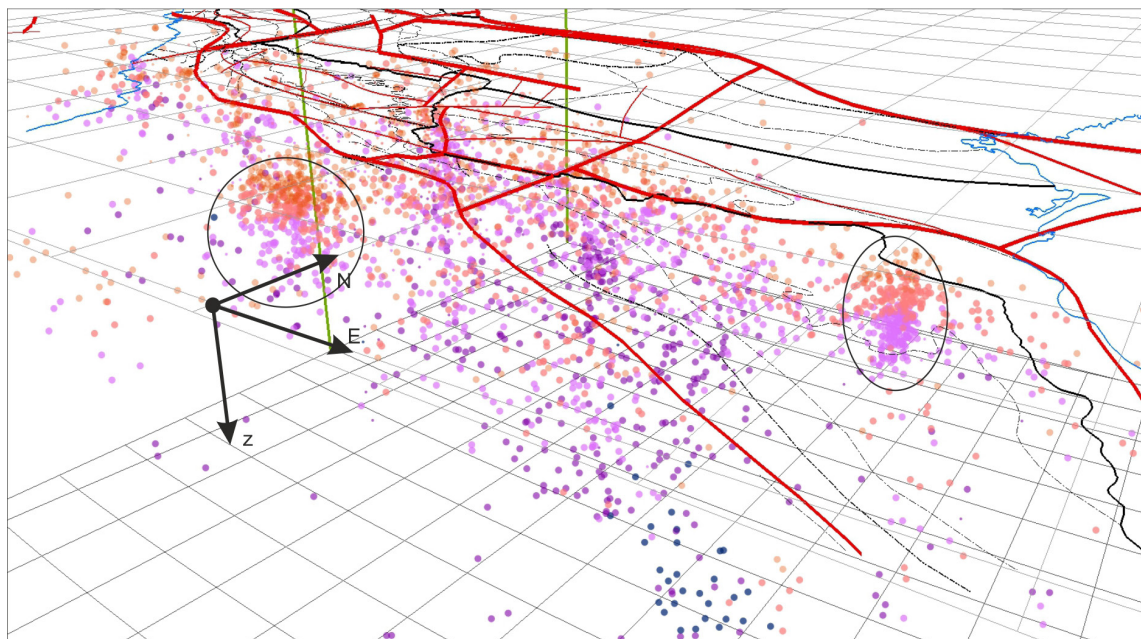


Рис. 4. Трехмерная модель сейсмичности Северного Кавказа на основе схем глубинного строения и тектонического районирования (альпийский этап). Выделение очаговых областей и пространственных линейментов

вглубь по основным линиям разломов и достоверных межблочных шовных зон. Разумеется, на первом этапе было сделано сознательное допущение, упрощающее модель, то есть разломы были «прорезаны вертикально» на глубину среднего залегания поверхности Мохо, то есть 50 км. Однако, даже такое упрощенное усовершенствование модели позволило увидеть гораздо больше пространственно-упорядоченных взаимодействий в относительном хаосе Кавказской сейсмичности (рис. 5).

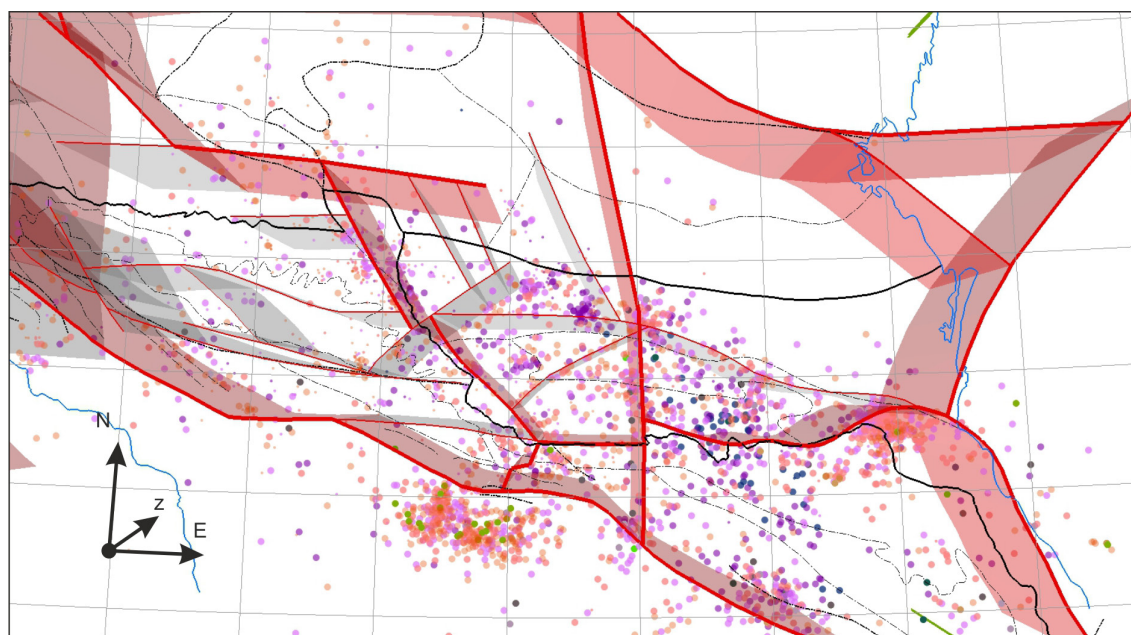


Рис. 5. Трехмерная модель сейсмичности Северного Кавказа с условно заглубленными на 50 км межблочными шовными зонами.

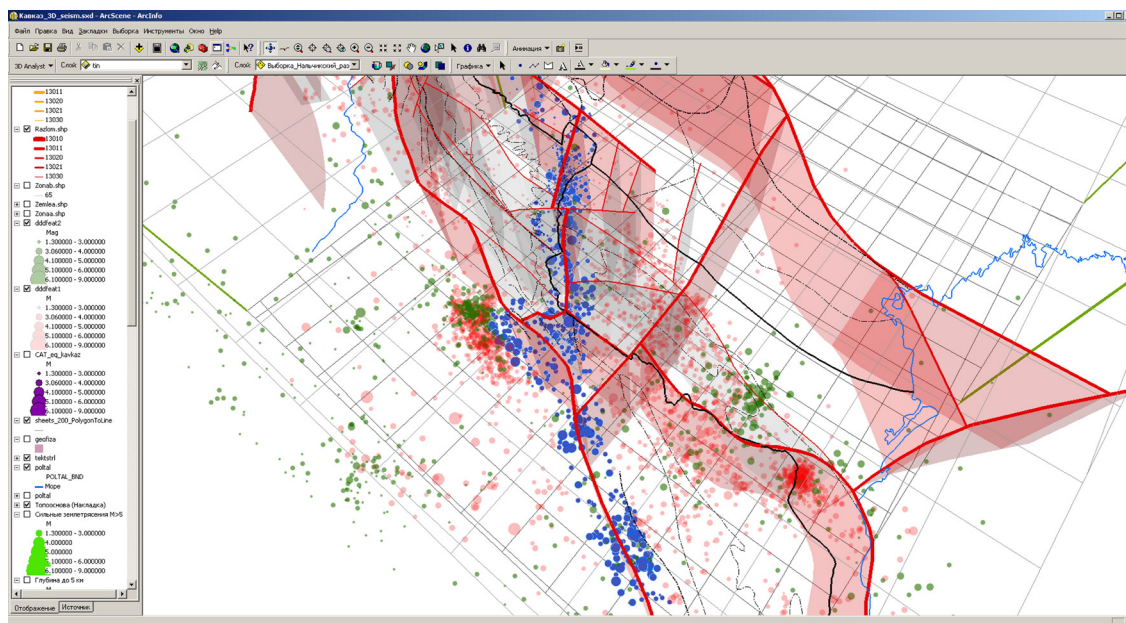


Рис. 6. Выделение протяженного сейсмолинеамента вдоль Главно-Кавказской и Центрально-Кавказской зон тектонических нарушений

В данном виде более отчетливо прослеживается приуроченность скоплений сейсмичности к основным границам выделяемых структурных блоков в пределах Центрально-Кавказской, Главно-Кавказской, Восточно-Кавказской зон концентрации тектонических деформаций (рис. 2, рис. 5). Причем, при детальном анализе возможно определить направление залегания глубинных межблочных границ по видимому отклонению пространственных сейсмолинеаментов от вертикали. В частности, хорошо заметно падение структуры в области Главного Кавказского надвига в направлении северо-восток, что обусловлено наличием зоны субдукции Закавказской (Аравийской) и Скифской плит [Лаврищев и др., 2012].

Подводя итог, отметим, что описанная выше работа по созданию трехмерной модели глубинного строения Северного Кавказа находится лишь на начальном этапе, однако уже сейчас получена работоспособная, наглядная, хорошо масштабируемая и многофункциональная модель, которая, при дальнейшей доработке, позволит уточнить данные о глубинном строении геологически-активного, сейсмоопасного и густонаселенного региона.

Литература

1. Уломов В.И., Полякова Т.П., Медведева Н.С. О долгосрочном прогнозе сильных землетрясений в Центральной Азии и в Черноморско-Каспийском регионе «Физика Земли». №4. 2002 г. с. 12-20.
2. Уломов В.И., Данилова Т.И., Медведева Н.С., Полякова Т.П. О сейсмогеодинамике линеamentных структур горного обрамления Скифско-Туранской плиты «Физика Земли». №7. 2006.
3. Греков И.И., Лаврищев В.А., Энна Н.Л. Проблемы тектонического районирования Северо-Кавказского сегмента Евразийской литосферной плиты. Региональная геология и металлогения. N25, 2005. с.60-71.
4. Лаврищев В.А., Малофеева С.С., Забирченко Д.Н. Сейсмоструктурное районирование района Б. Сочи и прилегающих горных территорий. // Актуальные

проблемы геологии, планетологии и геоэкологии. (Материалы Всероссийской молодежной конференции 16 мая 2012г). Новочеркасск, изд-во «Лик», 2012 г., с.33-37.

3-D MODELLING OF DEEP STRUCTURE AND SEISMICITY OF NORTH-CAUCASIAN REGION

© 2014 D.N. Zabirchenko^{1,2}, V.A. Lavrishchev¹

¹OSC «Kavkazgeolsyemka», Russia, 357600, Stavropol Territory, Essentuki, Kislovodskaya street, 203, kavkazgs@rusgeology.ru; ²Center of geophysical investigations of VSC of RAS and RNO-A, Russia, 362002, Vladikavkaz, Markov street, 93a, e-mail: cgi_ras@mail.ru

As a part of the investigations connected with complex monitoring of geological environment and assessment of seismic hazard level of North-Caucasian region, 3-D model of deep structure of the Caucasus was made on the basis of regional seismic catalogue data and compilation of modern concepts of tectonic structure and region geodynamics.

Key words: seismicity, earthquake, seismically active zone, magnitude, focus, geodynamics, deep structure, endogenous geological processes, geological environment, North-Caucasian region, 3-D modelling, ESRI, ArcMap, 3D-Analyst, ArcScene.

УДК 550.8.05

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ РУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ГОРНЫХ РЕГИОНАХ

© 2014 Т.А. Келоев^{1,2}, проф., д.т.н., И.Н. Гудиева²

¹Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и PCO-A, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ²Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, 362021, PCO-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

В статье обоснованы геофизические исследования рудоконтролирующих факторов и эндогенного оруденения в горных регионах. В следствие труднодоступности горных районов основное место в комплексе занимают мобильные методы изучения аномалий естественного происхождения.

Ключевые слова: рудные полезные ископаемые, разведка, геофизические методы, комплексирование.

Мир вокруг человека – это мир физических объектов и явлений, разнообразных масс и продуцируемых ими физических полей. Ядра, атомы, молекулы – это элементы вещества. Их объединения создают тела от небольших размеров – метеоритов, комет, астероидов до гигантских образований- планет, звезд и их ассоциации.

Наблюдаемое многообразие масс существует благодаря энергетическим полям взаимодействия между микрочастицами. Если бы такого взаимодействия не существовало, то мир вокруг нас пребывал бы в рассыпанном на элементы состоянии.

Главным источником формирования природных объектов и зарождения жизни на земле является солнечная энергия. Эта энергия принимает участие в процессе формирования геологических объектов и заключенных в них рудных минералов. После завершения процесса формирования геологических структур, тепловая солнечная энергия включается в объем геологического объекта, как его «душевный» мир. При этом в центре геологического объекта сосредоточена наибольшая энергия (что обеспечивает его целостность), которая по мере удаления от центра монотонно уменьшается. Именно этот природный фактор является основным поисковым критерием, широко используемая методами геофизической разведки.

Человечество из древних времен пытается понять и расшифровать информацию, заключенную во внутреннем мире геологических сфер, из которых сформировались планета Земля и околоземная атмосфера. С этой целью получило развитие новое научное направление – прикладная геофизика (единственная современная наука, способная общаться с природой на одном языке).

При геологоразведочных работах применяется широкий комплекс геофизических методов. Каждый метод геофизической разведки изучает одно или несколько физических свойств геологического объекта, которые только в редких случаях характеризуют его в полной мере, например, интенсивная локальная аномалия

магнитного поля часто соответствует залежи магнетита. Чаще вопрос о природе аномалии по данным только одного метода остается нерешенным. Кроме того, обратная задача для любого из геофизических методов неоднозначна, и для более однозначного ее решения требуются сведения о возможных форме, положении в пространстве, физических свойствах исследуемого объекта. Эти сведения можно извлечь из результатов других геофизических методов, геологии, бурения. Основная цель геофизических работ – создание согласованной со всеми имеющимися геофизическими и геологическими данными физико-геологической модели, гораздо более полный и надежный, чем для каждого метода в отдельности [Бахлер, 2007].

Наиболее часто результаты гравиметрических работ рассматриваются совместно с данными магнитометрии при решении очень широкого круга задач, от планетарных и региональных до поисков россыпных месторождений. Гравиразведка и магниторазведка играют большую самостоятельную роль при трассировании и изучении вертикальных и субвертикальных контактов пород, при поисках и исследовании контактных локализованных объектов. Когда гравиразведка и магниторазведка дают информацию об одном и том же объекте, она суммируется, повышая надежность решения геологоразведочной задачи.

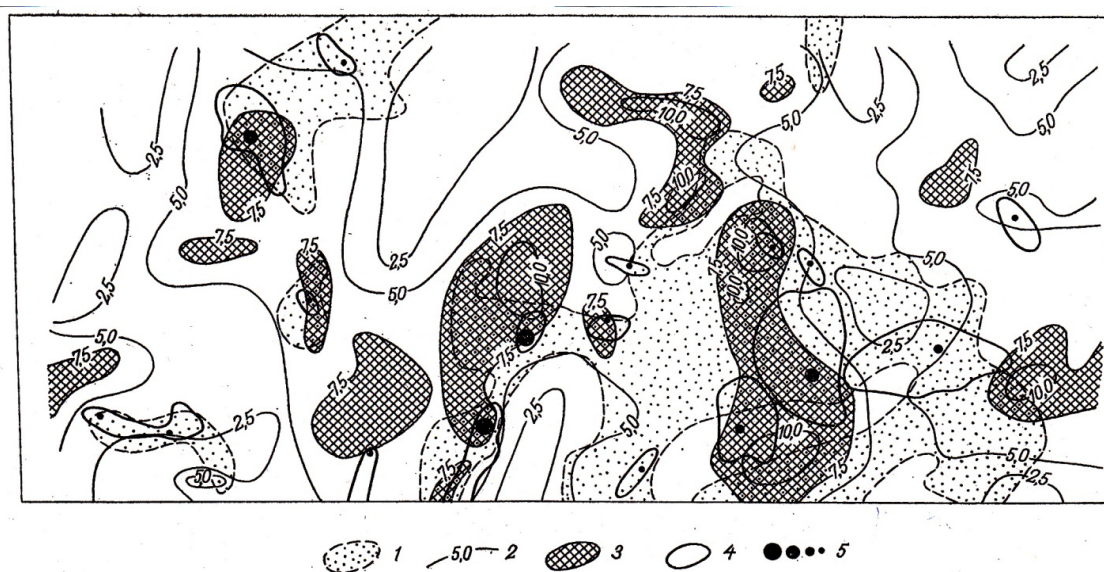


Рис. 1. Прогнозирование вероятных запасов по комплексу косвенных признаков. 1 – перспективные площади, выделенные по совокупности всех признаков; 2 – значение комплексного критерия рудоносности; 3 – участки, перспективные для локализации промышленного оруденения; 4 – рудные поля; 5 – условные запасы и их центр тяжести

Соотношение магнитных и гравитационных аномалий, созданных одним и тем же объектом, позволяет сделать предположение о его составе. В созданной гравитационной аномалии участвует только один параметр – в то же время в создании магнитных аномалий участвуют многие параметры: остаточное намагничивание с определенным направлением, индукция современного поля, зависящая от магнитной восприимчивости.

Анализ физических свойств горных пород и результатов геофизических съемок в хорошо изученных районах позволяет сформулировать определенные критерии выделения типичных объектов по геофизическим данным:

– основные и ультраосновные интрузии характеризуются положительными гравитационными и магнитными аномалиями, которые выражены тем резче, чем круче падение изучаемых массивов, глубже их корни;

– кислые интрузии и экструзии характеризуются гравитационными минимумами, повышенной радиоактивностью и относительно пониженным магнитным полем. Однако их краевые фации обычно обуславливают заметные магнитные аномалии;

– среди эффузивных пород наиболее четко выделяются порфириновые и базальтоидные потоки с повышенными плотностью, намагниченностью и скоростью упругих колебаний. Для молодых лав вследствие изменчивости направления вектора очной намагниченности и частого переслаивания лавовых покровов типично мозаичное поле. Аномалии от покровных эффузивов часто затушевывают искомые аномалии от других геологических объектов;

– зоны разломов выделяются различными геофизическими методами. Глубинные разломы успешно изучаются по гравиметрическим магнитометрическим материалам с привлечением сейсмологических и гравиметрических данных; они отличаются линейными аномалиями, цепочками аномалий и высокими градиентами потенциальных полей. Если по сбросу приходят различные по физическим свойствам породы, то фиксируются типичные аномалии уступа, если зона разлома выполнена породами основного состава, отмечаются положительные гравитационные и магнитные аномалии;

– участки гидротермальной переработки, как правило, фиксируются среди магматических образований пониженным магнитным полем. Для их выделения используют такие данные электроразведки (гидротермально измененные породы иногда отображаются пониженным сопротивлением, повышенной поляризуемостью, аномалиями естественного электрического поля). Зоны окварцевания выделяются по результатам электроразведки на постоянном токе благодаря повышению сопротивлений. Участки скарнирования картируются интенсивными магнитными и гравитационными аномалиями;

– антиклинальные структуры, особенно если в их ядрах к дневной поверхности приближаются породы нижнего структурного этажа, отмечаются положительными гравитационными аномалиями, повышенными скоростями распространения упругих колебаний. Строение их крыльев характеризуется поведением отражающих площадок и геоэлектрических горизонтов, выделяемых электроразведкой. При исследованиях более мелкого масштаба крупным структурам типа антиклинарий с интрузиями гранитов часто соответствуют гравитационные и магнитные минимумы, а синклинариям, выполненными основными породами, – гравитационные и магнитные максимумы. В зонах положительных структур, как и в зонах разрывов, возможно повышение геотермических градиентов;

– контакты пород, особенно осадочных и магматических, четко картируются по изменениям магнитных полей, сопротивлений, скорости упругих колебаний. Среди осадочных пород хорошо различаются карбонатные породы повышенного сопротивления и сравнительно проводящие глинистые образования.

Некоторые важные типы эндогенных месторождений также характеризуются четкими геофизическими признаками. Скарново-магнетитовые руды выделяются высокими намагниченностью, плотностью, поляризуемостью, проводимостью; колчеданные руды отмечаются обычно теми же признаками (при отсутствии в со-

стае руд пирротина и магнетита их намагниченность низка); хромитовые руды характеризуются высокой плотностью. Весьма существенна возможность выделения скрытых рудных тел по изменению физических свойств в надрудных зонах; вследствие повышения плотности висячем боку колчеданных залежей над ними удастся фиксировать аномалии силы тяжести амплитудой 0,3-0,8 мГл. Аналогичное увеличение плотности используется как поисковый признак глубоко залегающих полиметаллических руд.

Приведенные данные и опыт изучения рудных районов доказывают наличие существенной общности в рудоконтролирующих факторах, общности в отображении указанных факторов и самих рудных тел в геофизических полях. Это позволяет выработать общий подход к комплексированию геофизических методов на различных этапах изучения рудных областей. Не умаляя необходимости учета каждой конкретной особенности данной площади или объекта, необходимо отметить, что именно наличие общности позволяет провести классификацию геологических тел и подойти к решению геологических задач с научных позиций (рис. 2).

В практике разведочной геофизики чрезвычайно редки случаи, когда искомым геологический объект надежно может быть выделен одним геоморфологическим методом. В горных рудных областях широко распространены помехи различной природы, на фоне которых трудно выделить ожидаемый сигнал – аномалию, обусловленную определенным геологическим телом. Большинство помех имеет случайный характер и по-разному проявляется в различных полях, что свидетельствует о возможности их подавления путем комплексирования методов. Даже тогда, когда сигнал вполне различим, он может отображать тела различных классов: например,

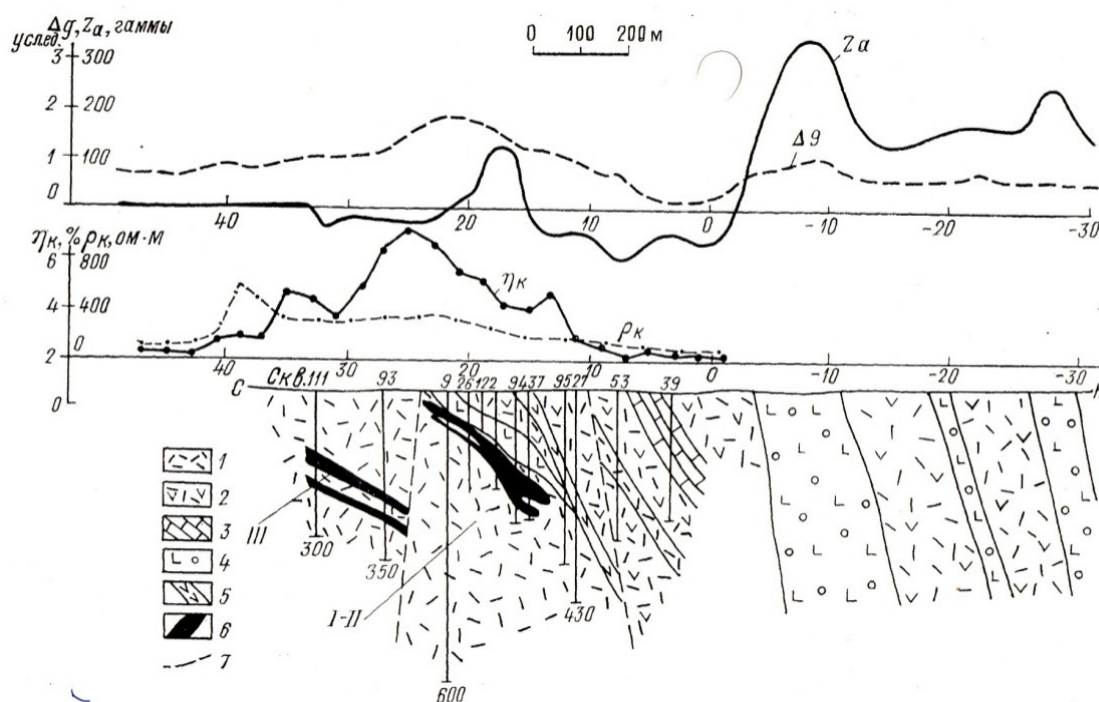


Рис. 2. Результаты исследований методами геофизики вдоль профиля «А».

1 – альбитофиры и их туфы; 2 – андезитовые, дацитовые порфириты; 3 – известняки; 4 – диабазы и их туфы; 5 – дайки габбро-диабазов; 6 – рудные тела; 7 – тектонические нарушения

гравитационный максимум может быть связан с поднятием более плотного нижнего структурного яруса, с внедрением основных пород или обусловлен влиянием метаморфизма. Поэтому большинство геологических задач решается с помощью комплекса геофизических методов.

Все возрастающая сложность геологических задач определяет целесообразность широкого комплексирования геофизических методов не только между собой, но и с другими методами. Однако расширение комплекса в связи с трудностями проведения работ, особенно с искусственным возбуждением поля – начиная от глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ) и кончая комбинированным электропрофилированием (КП) и методом переходных процессов (МПП) – может привести к удорожанию съемок. Поэтому возможности методов, их мобильность, стоимость исследований, а также темпы проведения учитываются при планировании геофизических работ, проводимых, как правило, в несколько этапов [Келоев, 2009; Параснис, 1965; Система..., 2011; Хаш, 2003; Хесин, 1976].

Приведенная схема носит общий характер. Если конкретные геолого-геофизические особенности изучаемых районов известны, эта схема должна быть уточнена. Она уточняется также благодаря специализации съемок при поисках и разведке определенных видов минерального сырья или рудоконтролирующих структур.

Таблица 1

Этап	Задача	Масштаб съемки	Комплекс геофизических методов	Геохимические методы	Геологическое сопровождение
I	Выделение металлоносных районов (рудоконтролирующих разломов и магматических образований, зон повышенных концентраций металлов)	1:500000-1:100000	Магнитная съемка, гравиметрическая съемка, глубинное сейсмическое зондирование	Металлометрия по потокам рассеяния, исследования газовых ореолов	По готовой геологической основе или с геологическими маршрутами в крест простирающихся аномальных зон с отбором образцов для изучения физических свойств
II	Выявление перспективных структур и аномальных участков с возможными залежами	1:50000-1:10000	Электроразведка ПС, магниторазведка, электрозондирование, ВЭЗ и ВП, сейсморазведка	Металлометрия по вторичным ореолам рассеяния с изучением магнитной восприимчивости, исследование газовых ореолов	Геологические маршруты по опорным пересечениям
III	Установление природы аномалий, оценка масштаба предполагаемых рудных тел и условий их залегания	1:10000-1:2000	Наземная магниторазведка, гравиразведка, сейсморазведка, электроразведка ПС, ВП, КП, МПП	Металлометрия по вторичным или первичным ореолам рассеяния	Горно-буровые работы с изучением физических и геохимических характеристик керна и проб, с геофизическими наблюдениями в скважинах и горных выработках

Изрезанность горного рельефа порождает ряд трудностей в проведении геофизических исследований и интерпретации их результатов. В частности, пересеченный рельеф в сочетании с климатическими и другими факторами обуславливает появление нестационарных топографических аномалий. За счет фильтрации поверхностных вод на возвышенностях возникают естественные электрические поля отрицательного знака. Аномалии теплового поля маскируются сезонными колебаниями температур, зависящими от характера рельефа. Магнитные аномалии, фиксируемые на отдельных вершинах, могут быть связаны с разрядами молний. На высоком рельефе часто наблюдаются большие отрицательные потенциалы, чем на низком. Это говорит о том, что электрические токи стремятся течь вверх, в гору (рис. 3).

Таким образом, материалы свидетельствуют о специфике горных областей, определяющей особенности геофизических исследований. Наиболее существенно, что на каждом этапе прогнозно-поисковых работ имеются важные и достаточно типичные задачи, которые можно решить с помощью комплекса геофизических методов на основе схемы, приведенной в табл. 1.

Особенности горнорудных областей, исследуемых объектов и отображающих их геофизических полей предопределяют необходимость особого внимания к раз-

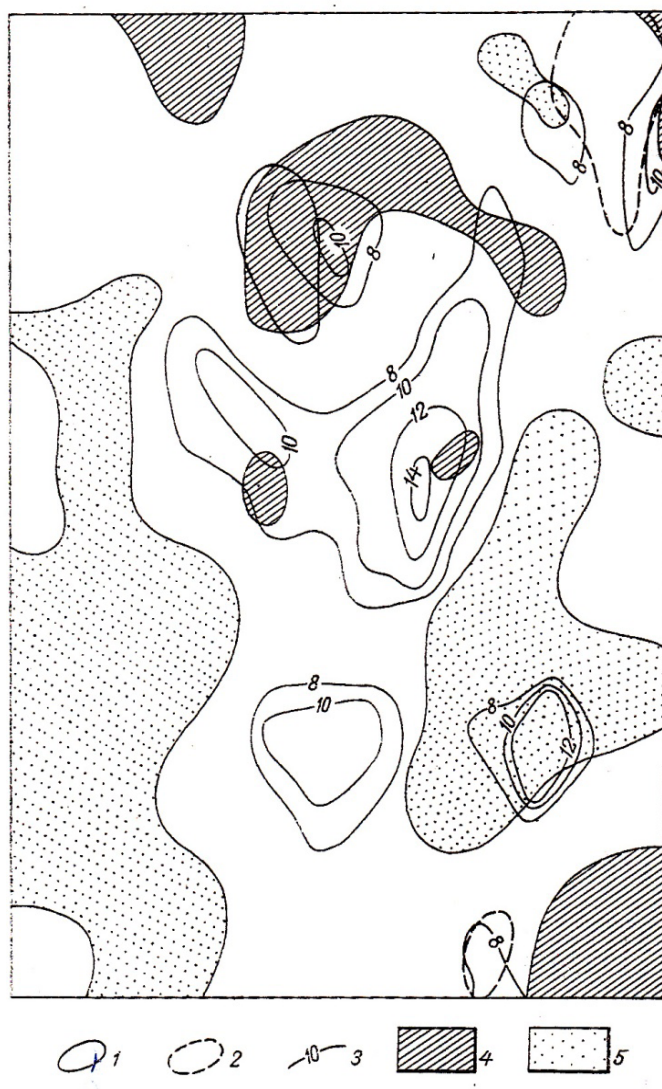


Рис. 3. Разбраковка аномалий ВП по их связи с интенсивностью магнитного поля.

1- крупное месторождение олова; 2 - непромышленные рудопроявления; 3 - изолинии аномалий ВП и их значения, %; 4 и 5 - области значимой отрицательной и положительной корреляции значений ВП и ΔZ

работке способов анализа сложного поля, в том числе, выделения замаскированных узлов пересекающихся структур по геофизическим данным, а также способов комплексной интерпретации геофизических полей.

Анализируя предложенный для практического применения комплекс геофизических методов разведки рудных месторождений, можно сделать несколько обобщений.

1. Рудные пояса, районы и крупные месторождения характеризуются определенными и во многом типичными геологическими условиями, которые отображаются специфическими особенностями геофизических полей. От распределений физических полей можно перейти к распределению обуславливающих их формаций и выработать схему контроля рудоносности, исходя из тех или иных геологических представлений. Не менее существенна возможность прогноза непосредственно по геофизическим аномалиям, к которым приурочены рудные комплексы, рудные формации и отдельные проявления эндогенного оруденения.

2. Прогноз и локализация скрытого оруденения в труднодоступных горных областях, где экономически оправдано освоение месторождений больших масштабов, должны основываться на опыте глобального изучения крупных и уникальных скоплений эндогенных руд, расположенных в сходной геологической обстановке, а также на теоретических представлениях о возможности обнаружения известных или новых видов оруденения в изучаемом районе.

3. Рост объемов геолого-геофизических работ, усложнение задач и методики при необходимости оперативного принятия обоснованных решений определяют целесообразность всемерной автоматизации процессов обработки и интерпретации геофизических материалов на основе использования цифровой техники, с выдачей итогового документа, который численно выражает вероятность встречи искомого объекта на изученной площади.

Таким образом, система интерпретации геофизических данных, проводимой с целью прогноза и локализации скрытого оруденения в горных областях, выглядит следующим образом. Она основывается на выполнении геофизических работ комплексом методов, необходимым и достаточным для решения всех существенных задач на исследуемой территории.

Литература

1. Бахлер К.. Земное излучение. Киев. Изд-во «Нико-центр», 2007-207 с.
2. Келоев Т.А. Основы геофизики (учебное пособие). ВНИЦ РАН и правительства РСО-А. Владикавказ, 2009. – 253 с.
3. Параснис Д.С. Принципы прикладной геофизики. Москва. Издательство «Мир», 1965. – 199 с.
4. Система «Планета Земля» (под редакцией Кочемасова Г.Г.). Москва: Ленанд, 2011. – 514 с.
5. Хаш В.Е. Основные проблемы современной геологии. Москва. «Научный мир», 2003. – 246 с.
6. Хесин Б.Э. Прогноз и локализация скрытого оруденения в горных областях по геофизическим данным. Москва. «Недра», 1976. – 199 с.

AGGREGATION OF THE ORE MINERALS GEOPHYSICAL PROSPECTING METHODS IN THE MOUNTAIN REGIONS

© 2014 T.A. Keloev^{1,2}, Sc. Doct. (Techn.), prof., I.N. Goudieva²

¹Center of Geophysical Investigations VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov street, Vladikavkaz, 362002, Russia, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ²North Caucasian Mining and Metallurgical Institute (State Technological University) 44, Nikolaev street, Vladikavkaz, RNO-A 362021, Russia, email: info@skgmi-gtu.ru

Geophysical studies of ore-controlling factors and endogenous mineralization in the mountain regions are substantiated in the article. In the consequence of the difficult accessibility of mountain regions the mobile methods of studying the anomalies of natural origin occupy basic place in the complex.

The keywords: ore mineral, exploration, geophysical methods, aggregation.

УДК 621.47

ЭЛЕМЕНТЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ

© 2014 Е.Н. Козырев, д.т.н., проф., А.Г. Симакин, к.т.н., В.Д. Шепелев, м.н.с.

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

В статье рассмотрены особенности создания системы автономного питания для сейсмической станции на основе солнечных батарей. Выбрана оптимальная схема и параметры элементов системы питания.

Ключевые слова: солнечные батареи, телеметрический комплекс, инвертор, аккумулятор.

Система питания является основным элементом, обеспечивающим работу телеметрической системы. В условиях горной местности в отсутствие стационарных источников питания требуется разработка автономных источников. Для станции «Колка» Кармадонского параметрического полигона разработана схема питания на основе солнечной энергии [Заалишвили и др., 2012, 2013; Заалишвили, Мельков, 2013].

Модули солнечных батарей наземного применения, как правило, конструируются для зарядки свинцово-кислотных аккумуляторных батарей с номинальным напряжением 12-24 В. Полученный пакет обрамляют в алюминиевую рамку, облегчающую крепление к несущей конструкции. Мощность модулей солнечной батареи достигает до 10-300 Вт.

Энергетические параметры таких модулей отражаются в вольтамперной характеристике, определенной при стандартных условиях (мощность солнечной радиации равняется 1000 Вт/м², температура элементов 25°C и солнечный спектр на широте 45°).

Номинальная мощность модуля определяется как наибольшая мощность при стандартных условиях. Значение напряжения, соответствующее максимальной V_p , а соответствующий ток – рабочим током I_p . Температурный коэффициент напряжения холостого хода для кремния составляет –0,4% градус. Температурный коэффициент тока – +0,07% градус. КПД солнечного модуля определяется как отношение максимальной мощности модуля к общей мощности излучения, падающей на его поверхность, и составляет 15-30%.

При достаточном количестве солнечных элементов можно создать солнечную батарею практически с любыми напряжениями и током, способную обеспечить зарядку любого типа аккумуляторов. Все дело в стоимости такой солнечной батареи. Конечно, не следует забывать, что мощная солнечная батарея будет занимать большую площадь для своей установки. Если полноценное солнечное освещение батареи бывает ограниченное время суток, то желательно использовать солнечную батарею, обеспечивающую ускоренный зарядный ток, величина которого находится в пределах 0,15-0,3 от емкости аккумулятора [Майзель, Найвельт, 2005].

Установлено, что если солнечная батарея обеспечивает ток, меньше, чем максимальный ток заряда 0,08 от емкости аккумуляторов, то в данном случае речь может

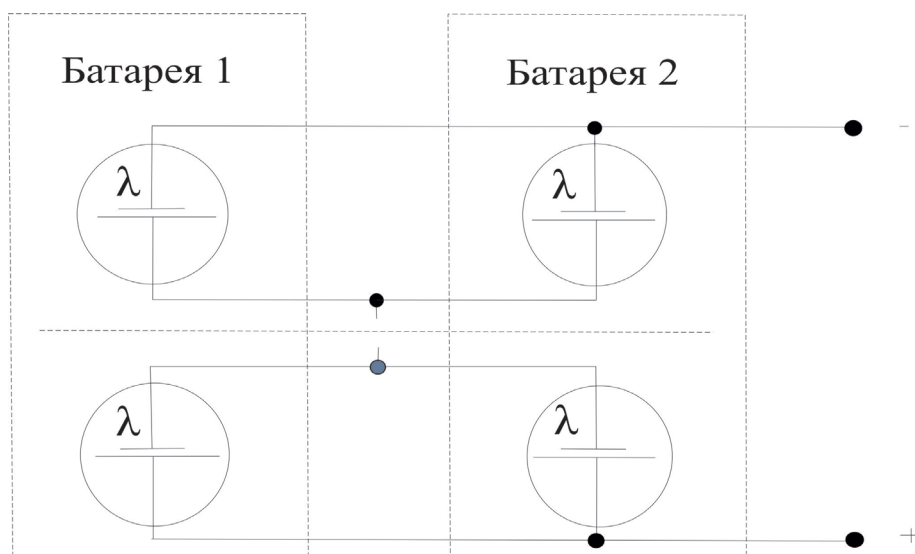


Рис. 1. Параллельное включение элементов солнечных батарей

идти не о заряде, а только о подзарядке аккумуляторов. Это означает, что в светлый период суток солнечная батарея должна быть постоянно подключена к аккумулятору, все это время постоянно подзаряжать его.

Для зарядки аккумуляторов можно применить солнечную батарею, которая имеет максимальный генерируемый ток, равный току зарядки аккумуляторов и необходимый заряд током при своем освещении.

Необходимо учитывать, что в середине лета, световой период в который батарея эффективно отдает энергию, обычно длится не более 7-9 часов [Баркан, Жданов, 2004].

Наиболее эффективное время для работы солнечной батареи – с 10 до 17-18 часов. После этого времени ток солнечных батарей падает. Происходит снижение тока генерируемого солнечной батареей и в облачную погоду.

Что можно предпринять для увеличения тока, генерируемого солнечной батареей. Наиболее просто ток солнечных батарей можно увеличить при помощи их параллельного включения. Необходимо включать солнечные батареи, имеющие одинаковое количество элементов и, следовательно, обеспечивающих одинаковое напряжение фото-ЭДС. Но все же параллельное включение солнечных батарей и лучшие результаты будут получены при параллельном включении элементов солнечных батарей как показано на рис. 1.

Важный параметр переносных солнечных систем компактность и герметичность. Этим требованиям удовлетворяют аккумуляторы, выполненные по технологии AGM (абсорбированный электролит) или рекомбинационной технологии. Они перекрывают диапазон емкостей 1-1200 А/ч.

Выделяющиеся при зарядке газы не выходят из аккумулятора, поэтому электролит не расходуется и обслуживание не требуется.

Такие аккумуляторы имеют:

- 1) длительный срок службы – 15 лет;
- 2) стойкость к циклическому режиму – более 1200 циклов;
- 3) отсутствие необходимости обслуживания на протяжении всего срока службы;
- 4) саморазряд до 3% в месяц.

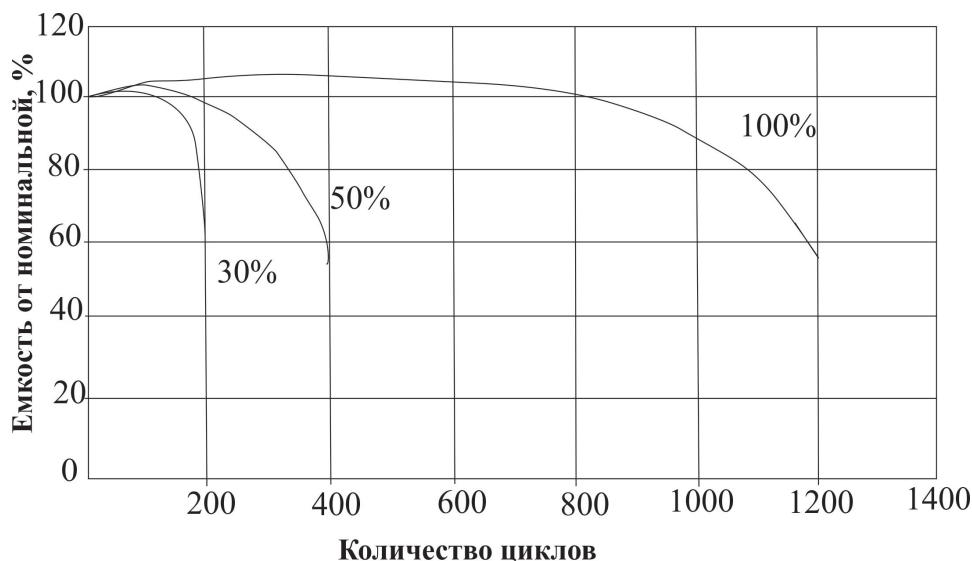


Рис. 2. Зависимость емкости аккумулятора (в процентах от номинальной) в зависимости от количества отработанных циклов при разной глубине разряда.

Если использовать обычные стандартные свинцово-кислые аккумуляторные батареи в составе солнечной станции срок службы таких батарей составит 3-5 лет.

Для получения необходимого рабочего напряжения аккумуляторы или аккумуляторные батареи соединяют последовательно.

В процессе проведения исследовательской работы нами принят на питание всего комплекса сейсмостанции аккумулятор марки «MEDALIST», который является необслуживаемым, со сроком гарантии – 18 месяцев.

MEDALIST – полностью необслуживаемый аккумулятор, решетки пластин «АКБ MEDALIST» изготовлены методом холоднойковки с последующей растяжкой. Металл подвергается 50-кратному сжатию, в результате чего кристаллическая структура линейно упорядочивается, увеличивая физическую прочность, размер зерен уменьшается в сотни раз по сравнению с решетками, изготовленными обычным литьем. При этом:

1. Применяют аккумуляторы только одного типа, выпущенные одним производителем;
2. Используют все аккумуляторы одновременно;
3. Не соединяют аккумуляторы в одну группу с разницей в дате выпуска более чем месяц.

Для продления срока службы аккумуляторов при циклическом режиме работы в солнечных системах важно не допускать глубокого разряда. Степень разряда характеризуется глубиной разряда, выражаемой в процентах от постоянной емкости аккумулятора. На рис. 2 приведена зависимость емкости аккумулятора (в процентах от номинальной) в зависимости от количества отработанных циклов при разной глубине заряда.

Для эксплуатации в сложных климатических условиях подходит аккумулятор отечественного производства серии «TITAN» с диапазоном энергетической емкости от 56 до 200 А/ч. Создан для работы в самых сложных климатических условиях, удовлетворяет самым строгим требованиям. Увеличенные электрические характеристики (ток холодного разряда, резерв мощности, перезаряжаемость), делающие аккумулятор надежным и долговечным [Дробов, Бычков, 1999].

Солнечный генератор может вырабатывать лишь постоянный ток, но потребителей переменного напряжения 220 В имеется также не меньше.

Для преобразования постоянного тока аккумуляторной батареи в переменный синусоидальной формы нужен инвертор, т. е. преобразователь напряжения.

Инверторы – сложное оборудование с применением полупроводниковых приборов. Они могут быть поделены на два типа в соответствии с типом фотоэлектрических систем:

- инверторы для автономных систем солнечных батарей;
- инверторы для сетевого пользования

Выходной каскад у обоих типов во многом похож, а основное отличие в схеме управления.

Первый тип имеет генератор частоты, а второй должен работать синхронно с промышленной сетью.

Для всех типов главный параметр – КПД (который должен иметь не менее 90%).

Выходное напряжение автономных инверторов как правило составляет 220 В (50/60 Гц), а в инверторах мощностью более 10 кВт можно получать трехфазное напряжение 380 В. Все автономные инверторы трансформируют постоянный ток аккумуляторных батарей. Вследствие этого входное напряжение выбирается из ряда 12, 24, 48 и 120 В. Чем больше входное напряжение, тем проще инвертор, тем выше должно быть его КПД.

При больших напряжениях существенно меньше потери на передаче энергии от солнечного генератора к аккумуляторной батарее, регулятору зарядки и инвертору, однако при этом усложняется конструкция солнечной электростанции и ее эксплуатация при опасных напряжениях (выше 40 В). К форме выходного напряжения предъявляются менее жесткие требования. В ряде случаев (если позволяет нагрузка) можно использовать инвертор с трапециевидным выходным сигналом.

Важный параметр автономных инверторов – зависимость КПД от мощности подключаемой нагрузки. КПД не должен снижаться при подключении нагрузки в десять раз меньшей (по потребляемой мощности), чем номинальная мощность инвертора.

Вместе с тем инвертор должен выдерживать перегрузки в выходных цепях (при подключении динамических нагрузок). Таким образом, к автономному инвертору предъявляются следующие требования:

- способность переносить без последствий перегрузки (как кратковременные, так и длительные);
- малые потери при малых нагрузках и на холостом ходу;
- стабильность выходного напряжения;
- низкий коэффициент гармоник
- высокий КПД;
- отсутствие помех на радиочастотах.

Что можно предложить для увеличения КПД солнечных батарей, для увеличения тока, генерируемых системой? Наиболее простое решение: ток солнечных батарей можно увеличить при помощи их параллельного включения.

Конечно, необходимо включать солнечные батареи, имеющие одинаковое количество элементов, обеспечивающих одинаковое напряжение фото-ЭДС. Лучшие результаты будут получены при параллельном включении элементов солнечных батарей, с соединением выходов для 2 батарей как (+) с (+) и (-) с (-). При эксплуата-



Рис. 3. Телеметрический комплекс контроля сейсмических событий (без передающей антенны и модема)

ции, частичное затенение части элементов не принесет большого вреда для работы солнечной батареи в целом и обеспечит 100% отдачу энергии [Отчет о НИР «Разработка систем получения...», 2012].

Особенностью АКБ «MEDALIST» является то, что обе решетки (положительная и отрицательная) изготавливаются из свинцово-кальциевого сплава с повышенным содержанием олова и легирующей добавки серебра. Это позволяет значительно снизить расходы воды и тем самым исключить необходимость ее долива в течение всего срока эксплуатации, уменьшить время саморазряда при неиспользовании батарей в несколько раз, избавить батарею от перезаряда и глубокого разряда, при использовании в неблагоприятных климатических условиях. Активная масса пластин выполнена с размером частиц оксида свинца в десятки раз меньше существующих аналогов, благодаря чему увеличена пористость пластин, от которой зависит пусковой ток батареи.

Решетка «MEDALIST» обработана пластиковой лентой, что исключает разрыв нижнего края конверта и осыпания пластин на протяжении всего срока эксплуатации АКБ и позволяющий избежать разрушения, а также продлить срок эксплуатации батареи. Благодаря надежному креплению терминалов исключается разгерметизация корпуса и вытеканию электролита, что очень важно в полевых экспедициях.

Литература

1. Баркан В.Ф., Жданов В.К. Проектирование радиотехнических устройств. М.: Государственное научно-техническое издательство, 2004.
2. Дробов С.А., Бычков С.И. Радиопередающие устройства. М.: «Радио», 1999.
3. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Рыжанов О.Н. Высокогорная сейсмическая станция «Кармадон»: установка и первые результаты наблюдений // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Труды III Международной научно-практической конференции, приуроченной 10-летию схода ледника Колка 20 сентября 2002 г. Владикавказ: Центр геофизических исследований, 2012. С. 411-416.
4. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Организация сейсмологических наблюдений в верховьях реки Геналдон и Кармадонском ущелье с использованием спутниковой телеметрической системы передачи информации // Геология и геофизика Юга России. 2013. №4. С. 44-50.
5. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Мониторинг опасных природных и техногенных процессов на территории РСО-Алания // Геология и геофизика Юга России. №1. 2013. С. 17-27.
6. Майзель К.Б., Найвелът Г.С. Источники электропитания РЭА. М.: Издательство «Радио и связь», 2005.
7. Отчет о НИР «Разработка систем получения телеметрической информации от сейсмических станций расположенных в горных районах РСО-А» / А.Г. Симакин, Д.Н. Мельков. г. Владикавказ. 2012.

ELEMENTS OF SOLAR BATTERIES AND AUXILIARY COMPONENTS FOR TELEMETRIC COMPLEX OF DATA TRANSFER IN MOUNTAIN REGIONS

© 2014 E.N. Kozyrev, Sc. Doctor (Tech.), prof., A.G. Simakin, Sc. Candidate (Tech.), V.D. Shepelev, j.r.s.

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

The article considers creation features of self-contained power supply system for seismic station on the basis of solar batteries. Optimal scheme and parameters of supply system elements are selected.

Key words: solar batteries, telemetric complex, inverter, accumulator.

УДК 528.2, 551.24, 550.34

О МОДЕРНИЗАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ВЛАДИКАВКАЗСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПРОГНОЗНОМ ПОЛИГОНЕ

© 2014 А.К. Певнев¹, д.т.н., В.Б. Заалишвили², д.ф.-м.н., проф.,
Д.А. Мельков², к.т.н.

¹Институт физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, Россия, 123995, г. Москва, ул. Б. Грузинская, 10, e-mail: an.pevnev@yandex.ru; ²Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru

С целью ускорения создания геодезической прогнозной системы на Владикавказском геодинамическом прогнозном полигоне предлагается для обнаружения очагов готовящихся землетрясений использовать метод отслеживания вариаций размеров и объема такого очага (объемная методика).

Ключевые слова: упругость, сейсмогенная деформация, дилатансия, прогноз землетрясений.

Северный Кавказ представляет собой область высокой сейсмической опасности. Одной из важнейших геологических структур на территории Северной Осетии является Владикавказский разлом, представляющий потенциальную опасность для столицы Республики Северная Осетия-Алания – г. Владикавказа. Его сейсмический потенциал оценивается магнитудой больше семи ($M=7,1$ по Рогожину Е.А., 2007). Владикавказский глубинный разлом, как единая структура 1-го порядка, выделяется, прежде всего, по геофизическим данным (Письменный и др., 2006). В поле горизонтальных градиентов силы тяжести он характеризуется аномально высокими значениями горизонтальных градиентов. В приповерхностной части ему соответствует расслоенная вертикальная флексура с размахом смыкающего крыла до 10 км и углом падения до 60° [Шемпелев, 1982]. По конфигурации изомов он интерпретируется как подвиг Предкавказского мегаблока Скифской эпигерцинской плиты под кристаллический массив горного сооружения (Письменный и др., 2006). Поверхность фундамента в районе Владикавказского разлома смещена на глубину до 5-6 км.

Для осуществления практически значимого прогноза землетрясений предлагается использовать прогнозные возможности деформационно-геодезического метода. При разработке проекта геодезической прогнозной системы на Владикавказском прогнозном полигоне первоначально предусматривалось создание шести геодезических профилей, рассчитанных на осуществление точного прогноза мест готовящихся землетрясений. Для достоверного выделения деформационного предвестника подготовки очага землетрясения (нарастающего упругого изгиба горных пород в готовящемся очаге). Каждый профиль должен быть оборудован достаточно большим количеством геодезических пунктов (десятки), что весьма затратно. К настоящему времени создан лишь один из этих профилей, проходящий по долине р. Терек и пересекающий территорию г. Владикавказ [Заалишвили и др., 2011]. С

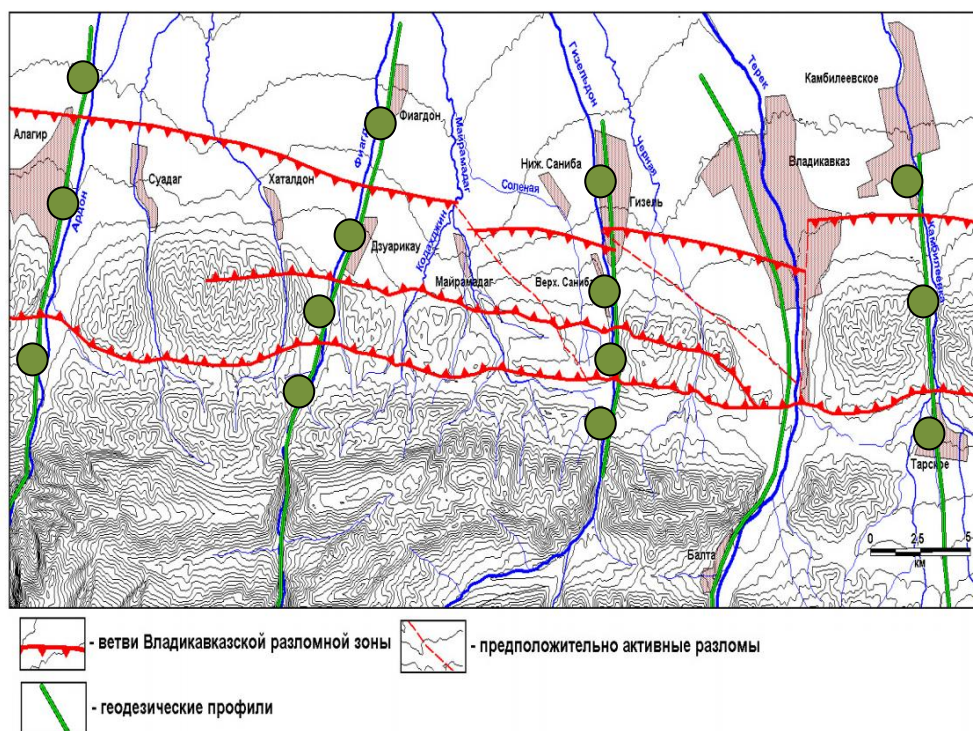


Рис. 1 Схема размещения геодезических пунктов на геодезических прогнозных профилях, рассчитанная на обнаружение очагов землетрясений с использованием объемной модели

целью быстрее создания всей системы профилей и экономии средств можно воспользоваться недавно предложенной методикой определения местоположения готовящегося очага землетрясения не методом отслеживания процесса накопления сейсмогенных деформаций в готовящемся очаге землетрясения, а методом отслеживания вариаций размеров и объема такого очага (объемная методика).

В этом случае на профиле можно иметь 3-5 геодезических пунктов. Конечно, такие профили будут менее информативны, но на начальном этапе исследований, имея в виду, что уже имеется кондиционный накопительный профиль (Владикавказский), этим можно пока ограничиваться.

В этом случае можно будет достаточно быстро создать всю запланированную геодезическую прогнозную систему на Владикавказском геодинамическом прогнозном полигоне. На рис. 1 представлена схема размещения геодезических пунктов на геодезических прогнозных профилях, рассчитанная на обнаружение очагов землетрясений с использованием объемной модели.

Ниже приведено обоснование возможностей обнаружения готовящегося очага землетрясения с помощью наблюдений за вариациями его размеров.

Об уменьшении размеров очага готовящегося землетрясения в стадии его подготовки

Деформационные процессы подготовки и разрушения очага корового землетрясения являются разнонаправленными процессами. В стадии подготовки очага землетрясения имеет место накопление в нём упругих сейсмогенных деформаций (напряжений), в то время как в стадии разрушения очага происходит обратное явление – сброс накопленных в нём указанных напряжений.

Возникает вполне закономерный вопрос – нельзя ли эти обстоятельства использовать в прогностических целях. Совершенно очевидно, что начинать такие исследования нужно с определения реальных величин изменения объёма очага землетрясения, обусловленных накоплением в нём сейсмогенных деформаций.

Как известно, при упругом деформировании из-за приложенных напряжений тело испытывает изменение формы и размеров. Отличительной особенностью упругого деформирования от пластического является то, что при нём не нарушаются межатомные связи и не создаются новые, т. е. в отличие от пластических деформаций в упруго деформированном теле взаимное расположение атомов остаётся неизменным. Благодаря этому обстоятельству при снятии дополнительной нагрузки и происходит восстановление равновесного состояния.

Следует отметить, что при упругом сжатии расстояния между атомами уменьшаются, при упругом растяжении увеличиваются, а при чистом упругом сдвиге вся решётка кристалла скашивается как единое целое, что приводит к уменьшению расстояния между плоскостями приложения касательных напряжений в ортогональном к ним направлении.

Таким образом, при приложении упругих напряжений сжатия и сдвига изменяется форма и размеры деформируемого тела, что сопровождается либо уменьшением его объёма (при сжатии), либо уменьшением его размеров (при чистом сдвиге). Причём это уменьшение является весьма ощутимым. Так, при сжатии предельное уменьшение равновесных межатомных расстояний составляет величину 10^{-3} [Китайгородский, 1974]. Совершенно очевидно, что, если столь значительные уменьшения размеров, установленные на микро уровне, имеют место и на макро уровне, то их измерение не представляет никакой проблемы, так как точность современных методов геодезических измерений составляет 10^{-6} - 10^{-7} , а стационарными деформометрами измерять изменения расстояний можно с точностью 10^{-10} и выше. Но в праве ли мы полагать равенство деформаций на столь разных уровнях. Есть все основания считать, что такое равенство имеет место в действительности и вот почему.

Теоретические соображения о причинах этого явления сводятся к следующему. Тектоническое коровое землетрясение – это порождающее сдвиговые волны быстрое (сейсмическое) разрушение некоторого объёма горных пород (очага землетрясения), вызванное накопленными в этом очаге упругими сдвиговыми деформациями (упругими сдвиговыми напряжениями). А это означает, что непременным условием подготовки очага землетрясения является наличие в зоне разлома механически прочного, консолидированного объёма горных пород (жёсткого включения), т. е. что очаг в **стадии (фазе) созидания должен представлять тело, преобладающими деформациями которого являются упругие деформации. Совершенно очевидно, что именно это условие является необходимым и достаточным для зарождения и формирования очага землетрясения.**

Академик Г.А. Гамбурцев, ещё в середине XX в. разработавший прекрасную, глубоко научно обоснованную программу прогноза землетрясений, гениально предсказал возникновение участков задержки в сейсмогенных разломах, которые он образно назвал «спайками». Он писал: «Наряду с процессом разрушения – уменьшения прочности отдельных участков сейсмических швов, – может идти обратный процесс «залечивания» разрушенных мест, образования новых «спаек» между соседними блоками. Таким образом, происходит закономерная смена взаимосвязан-

ных процессов медленных и быстрых движений, накопления и разрушения напряжений, увеличения и уменьшения прочности» [Развитие идей..., 1982, с. 306].

Да, собственно сам факт возникновения землетрясений в верхнем слое земной коры говорит о том, что в этом слое есть условия для накопления в том или ином объеме горных пород упругих сейсмогенных (сдвиговых) деформаций.

Таким образом, предположение о сопоставимости величин упругих деформаций на микро и макро уровнях можно считать вполне обоснованным и это означает, что уменьшение ширины очага готовящегося землетрясения, происходящее вследствие накопления в нём сдвиговых упругих деформаций, является вполне измеримой величиной.

В монографии [Певнев, 2003] приведены доказательства того, что процесс подготовки очага землетрясения отражается на земной поверхности – верхней границе сейсмогенного слоя земной коры, мощность которого составляет 10-25 км и поэтому рассматриваемое уменьшение объема очага может быть измерено непосредственно на земной поверхности. Это обстоятельство открывает возможности использования для прогноза землетрясений метода прямых задач и, следовательно, реального решения проблемы прогноза.

Как известно, в XX веке все попытки решить проблему прогноза землетрясений методом обратной задачи окончились полным провалом, что у многих подорвало веру в возможность решения этой животрепещущей проблемы. В статье [Певнев, 2011] показано, что использованные для решения проблемы прогноза обратные задачи являются некорректно поставленными.

Так как линейный размер очага сильного землетрясения (его ширина) измеряется десятками километров, то отслеживать во времени процесс уменьшения его объема можно лишь геодезическим методом. Для этого можно использовать предложенные ранее специальные геодезические построения – прогнозные профили [Певнев, 1988].

Об увеличении объема очага землетрясения в стадии его разрушения

Так как в процессе разрушения очага землетрясения происходит сброс накопленных в нём упругих напряжений, отсюда следует, что упруго напряжённые горные породы в очаге должны возвращаться в исходное – упруго ненапряжённое состояние, т. е. ширина очага должна увеличиваться. Следовательно, если определить момент перехода от уменьшения к увеличению ширины очага, т. е. момент начала разрушения этого очага, то уже одно это **не позволит сделать землетрясение неожиданным**. Однако установление указанного момента не означает установление точного времени будущего землетрясения, так как процесс предразрушения – время до возникновения магистрального разрыва (землетрясения) – может длиться достаточно долго: для сильных землетрясений возможно месяцы, а может быть и годы. Причину этого следует искать, в первую очередь, в прочностных неоднородностях горных пород во всем объеме очага землетрясения.

Совершенно очевидно, что локальные объёмы в очаге с менее прочными породами начнут разрушаться ранее более прочных пород и этот процесс может длиться долго. Существованием периода этапа предразрушения следует воспользоваться для организации наблюдений (если они не были организованы ранее), нацеленных на установление **закономерностей разрушения очагов землетрясений**.

При определении перечня методов, необходимых для прогноза времени, крайне уместно привести следующие соображения академика Г.А. Гамбурцева: «Изыскание методов прогноза времени землетрясений следует направить в первую очередь в сторону поиска механических предвестников землетрясений. Такие поиски могут быть успешными только в том случае, если они будут основываться на глубоком изучении всех деталей механизма быстрых и медленных движений блоков земной коры сейсмоактивных районов» [Развитие идей..., 1982, с. 306].

С учётом этих соображений Г.А. Гамбурцева мы имеем полное основание говорить о том, что перечень методов для прогноза времени должен начинаться с методов наблюдений за полями смещений и деформаций в непрерывном режиме (сейсмологические, наклономерные, деформографические и специальные геодезические измерения повышенной точности, проводимые в непрерывном режиме).

Одновременно с проведением комплексных деформационных исследований целесообразно следить за очагом с помощью сейсмических методов, позволяющих отслеживать вариации его напряжённого состояния [Гамбурцев, Певнев, 1996].

Для осуществления краткосрочного прогноза крайне перспективными могут оказаться наблюдения за различными аномалиями в ионосфере, которые возникают за...сутки, несколько суток перед землетрясением» [Гохберг, 1999, с. 139]. Эти наблюдения могут указать на то, что очаг уже находится в последней стадии разрушения.

Мы назвали здесь лишь некоторые из наиболее перспективных, с нашей точки зрения методов, необходимых в решении проблемы прогноза времени землетрясения. Однако на современной стадии исследований их целесообразно проводить с использованием широкого комплекса самых разных методов. Помимо прочего это позволит получить сравнительные характеристики информативности различных методов и оценить перспективы их использования.

В этом этапе основным опорным методом является **комплексный деформационный**, включающий в себя следующие три метода: геодезический, геофизический и сейсмологический.

Комплексирование этих методов обязательно, так как они фиксируют не только различные скоростные и количественные характеристики деформационных процессов, но и их разномасштабность, т. е. они являются взаимодополняющими друг друга при изучении закономерностей протекания деформационных процессов.

Рассматривая вопрос об увеличении ширины очага при его разрушении, следует иметь в виду, что в стадии предразрушения имеет место значительное увеличение объёма очага вследствие возникновения дилатансионных процессов – увеличения пористости пород, формирования в них различных трещин и др. Существенное увеличение объёма разрушающегося очага может быть обусловлено также его заполнением (насыщением), оказывающими распирающее действие, подземными водами из окружающего пространства. Реальность этих соображений находит подтверждение в экспериментальных данных – результаты наблюдений за изменениями уровней воды в колодцах и скважинах в сейсмоактивных зонах, а также наблюдаемые подьёмы (вспучивания) земной поверхности в эпицентральных зонах будущего землетрясения.

Лабораторные эксперименты по изучению этого явления показали, что для разных типов пород увеличение их объёма составляет от долей до первых процентов

[Scholz et al., 1973]. Если реальное увеличение объема очага будет сопоставимо с полученным в лаборатории, то его отслеживание геодезическим методом более чем реально.

Таким образом, можно полагать, что деформационные процессы этапа разрушения могут быть на порядок (или порядки) интенсивнее деформационных процессов при подготовке очага землетрясения.

Заключение

Подготовка и разрушение очага землетрясения являются процессами механическими – накопление и сброс упругих сейсмогенных деформаций (напряжений). Это прямые указатели, прямые предвестники, как подготовки, так и разрушения очага землетрясения, и поэтому в решении проблемы прогноза землетрясений изучение именно этих процессов должно быть определяющим. Все остальные методы, рассматриваемые как предвестники, не являются обязательными в этих процессах, и поэтому они могут иметь место, а могут и не иметь.

При подготовке очага землетрясения уменьшение ширины его очага (без изменения его объема) возможно лишь при чистом сдвиге. Если же в очаге имеют место и другие поля напряжений (сжатие, растяжение), то в этом случае наряду с вариациями ширины очага будут и вариации объема очага. Очевидно, что это происходит и в реальных условиях. Однако определяющим при этом является поле сдвиговых напряжений.

Определение момента перехода от уменьшения объема готовящегося очага землетрясения (фаза накопления упругих сейсмогенных напряжений) к его увеличению (фаза разрушения очага) – крайне важно в решении проблемы прогноза землетрясений. В этом случае появляются реальные возможности для организации комплексных исследований, нацеленных на расшифровку законов разрушения очагов землетрясений, что необходимо для осуществления прогноза времени максимального сброса накопленной в очаге упругой энергии, т. е. для точного прогноза времени землетрясения.

Геодезический метод можно с успехом использовать для прогноза как коровых, так и сильных глубокофокусных землетрясений.

Геодезические прогнозные системы, рассчитанные на точный прогноз места готовящегося очага землетрясения и максимальной силы, которую он может породить, описаны в [Певнев, 2003]. Следует отметить, что такая прогнозная система уже создана в Мексике вблизи города Мехикали на разломе Империял (южное продолжение разлома Сан-Андреас).

Литература

1. Гамбурцев А. Г., Певнев А. К. О перспективах геодезического и сейсмического мониторинга при прогнозе землетрясений // Геофизика. – 1996. – № 4. – С. 35-41.
2. Гохберг М. Б. Взаимодействие литосферы и ионосферы Земли // Изв. РАЕН. Секция наук о Земле. – 1999. – Вып. 2. – С. 136-140.
3. Заалишвили В. Б., Певнев А. К., Рогожин Е. А. О геодезическом мониторинге для прогноза землетрясений на Северном Кавказе (на примере владикавказского прогнозного полигона) // Геология и геофизика Юга России № 22011. С. 33-40.
4. Китайгородский А. И. Введение в физику. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1974.

5. Певнев А.К. Геодезический мониторинг для прогноза землетрясений// Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2011, № 11, с.65-72.
6. Певнев А.К. Прогноз землетрясений – геодезические аспекты проблемы // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. – 1988. – № 12. – С. 88-98.
7. Певнев А.К. Пути к практическому прогнозу землетрясений. – М.: ГЕОС, 2003. – 152 с.
8. Развитие идей Г.А. Гамбурцева в геофизике. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
9. Шемпелев А.Г. Разломно-блоковая тектоника Северного Кавказа по геофизическим данным // Геол. журн. 1982, т.42, №4. С.97-108.
10. Scholz C.H., Saykes I.R., Aggarwall Y.P. et al. Earthquake prediction: A physical basis // Science. – 1973. – Vol. 181. – P. 803-810.

ON THE GEODETIC STUDIES MODERNIZATION ON THE VLADIKAVKAZ GEODYNAMIC FORECAST POLYGON

© 2014 A.K. Pevnev¹, Sc. Doctor (Tech.), V.B. Zaalishvili², Sc. Doctor (Phys.-Math.), Prof., D.A. Melkov², Sc. Candidate (Tech.)

¹Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, Bolshaya Gruzinskaya str., 10-1, Moscow 123995, Russia, e-mail: an.pevnev@yandex.ru; ²Center of geophysical investigations of VSC of RAS and RNO-A, Russia, 362002, Vladikavkaz, Markov street, 93a, e-mail: cgi_ras@mail.ru

For the purpose of the geodetic forecast system creation acceleration on the Vladikavkaz geodynamic forecast polygon it is proposed for detecting the centers of the prepared earthquakes to use a method of the tracking of variations in sizes and volume of this center (volumetric procedure).

The keywords: elasticity, seismogenic deformation, dilatancy, the forecast of earthquakes.

УДК 550.34

О ПРИЧИНАХ КОРОВОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ МЕТОДАМИ РЕШЕНИЯ ПРЯМЫХ ЗАДАЧ

© 2014 А.К. Певнев¹, д.т.н., В.Б. Заалишвили², д.ф.-м.н., проф.

¹Институт физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, Россия, 123995, г. Москва, ул. Б. Грузинская, 10, e-mail: an.pevnev@yandex.ru; ²Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru

Рассмотрены пути формирования очагов коровых землетрясений и возможности их прогноза.

Ключевые слова: концентратор напряжений, упругость, сейсмогенная деформация, прогноз землетрясений.

Почти всегда в научной геодезии имеют дело с установлением очень малых величин, которые, однако, свидетельствуют о мощных грандиозных процессах в жизни Земли.

Ф.Н. Красовский.

1. О причине зарождения и подготовки очагов коровых землетрясений

Есть все основания считать, что коровая сейсмичность является следствием тектонической активности Земли, порождаемой глубинными эндогенными процессами, которые на земной поверхности проявляются в ее непрерывном движении. Энергией этих процессов создаются горы и впадины, движутся континенты и огромные участки океанического ложа. Они разбили земную кору (литосферу) на множество блоков и заставляют смещаться эти блоки относительно друг друга по разделяющим их глубинным разломам. Скорости относительных смещений систем блоков по указанным разломам существенно различаются для различных тектонических структур Земли. Наибольшую скорость смещения имеют блоки в тектонически активных горных структурах Земли – в орогенах. Здесь скорости измеряются сантиметрами в год. Так на разломе Сан-Андреас в Калифорнии эта скорость составляет 5 см/год, а в зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня (Вахшский надвиг) – 2,5 см/год. С максимальной, измеренной геодезическими методами, скоростью – 10 см/год смещается ложе Тихого океана.

С существенно меньшими скоростями смещаются блоки земной коры в **тектонически менее активных структурах Земли**. К таким структурам относятся обширные равнинные участки земной коры – платформы. Скорости смещений блоков на платформах примерно на порядок меньше чем в орогенах и измеряются миллиметрами и даже десятками долями мм/год.

Структуры, отличающиеся большими скоростями смещений в разломах, являются и наиболее сейсмоопасными, в то время как тектонически малоактивные структуры являются менее сейсмоопасными. Это позволяет сделать обоснованный вывод о существовании прямой корреляционной зависимости между сейсмической активностью тектонических структур и скоростями смещений блоков земной коры в этих структурах и, следовательно, причину сейсмичности следует искать в особенностях поведения этих скоростей. Определим вид возможных вариаций скоростей, при которых в том или ином участке разлома возможно зарождение очага землетрясения.

Совершенно очевидно, что если поверхности разделенных разломом блоков не препятствуют их перемещению, т.е. блоки как бы «скользят» относительно друг друга, то эта ситуация исключает возможность зарождения очага сильного корового землетрясения на этом участке разлома. Если же возникает ситуация, мешающая на каком либо участке сейсмогенного разлома свободному перемещению блоков, т.е. если на этом участке разлома появится так называемый концентратор напряжений.

Таким образом, рассматривая возможные причины зарождения очага землетрясения, т.е. старта процесса накопления сейсмогенных деформаций в этом очаге, можно прийти к выводу, что начало этих процессов обусловлено уменьшением (вплоть до полного прекращения) тектонических движений в том или ином конкретном участке сейсмогенного разлома. Выдающиеся сейсмологи СССР Г.А. Гамбурцев и Ю.В. Ризниченко [Гамбурцев, 1960; Ризниченко, 1985] полагали, что указанные изменения скоростей смещений в разломах могут происходить из-за различных физико-химических и механических процессов.

Среди причин, порождающих концентраторы напряжений в разломе можно назвать следующие: вариации локальных и региональных полей напряжений, изменяющие величину коэффициента трения в разломе; влияние температуры и давления; вариации флюидные процессы; механические «зацепы» блоков из-за неровностей их соприкасающихся поверхностей и др.

Теоретические соображения о реальности возникновения участков задержек смещений в сейсмогенных разломах сводятся к следующему. Тектоническое коровое землетрясение – это порождающее сдвиговые волны быстрое (сейсмическое) разрушение некоторого объема горных пород (очага землетрясения), вызванное накопленными в этом очаге упругими сдвиговыми деформациями (напряжениями). А это означает, что непременным условием подготовки очага землетрясения является наличие в зоне разлома механически прочной, консолидированной среды (жесткого включения), обладающей упругими свойствами и способной накапливать потенциальную упругую энергию.

Таким образом, очаг в стадии накопления потенциальной упругой энергии (в фазе созидания) должен представлять собой стабильное, пластически мало деформируемое включение в сейсмогенном слое земной коры.

Так как при подготовке очага землетрясения упруго деформируются лишь части блоков, примыкающие к остановившемуся участку разлома, то это обстоятельство не приведет к нарушению ритма тектонических смещений частей блоков, не затронутых указанным упругим деформированием.

Таким видится путь зарождения и формирования очага корового землетрясения.

Григорий Александрович Гамбурцев рассматриваемые консолидированные участки в сейсмогенных разломах очень метко назвал «спайками». Он прозорливо

полагал, что в сейсмогенных разломах «наряду с процессом разрушения – уменьшения прочности отдельных участков сейсмических швов, – может идти обратный процесс «залечивания» разрушенных мест, образования новых «спаек» между соседними блоками. Таким образом, происходит закономерная смена взаимосвязанных процессов медленных и быстрых движений, накопления и разрушения напряжений, увеличения и уменьшения прочности» [Развитие идей ..., 1982].

Следует отметить, что реальность существования «гипотетических спаек Гамбурцева» подтверждается самим фактом существования коровой сейсмичности. Возникновение сильных землетрясений в верхнем слое земной коры говорит о том, что в сейсмогенных разломах этого слоя, в тех или иных их участках, по тем или иным причинам возникают условия для накопления в том или ином объеме горных пород предельных упругих сейсмогенных деформаций.

Можно говорить о следующей последовательности процессов зарождения и формирования очагов коровых землетрясений.

Непременным условием зарождения очага землетрясения является возникновение концентратора напряжений, препятствующего тектоническим смещениям в месте его образования, приводящее к образованию в той или иной зоне разлома механически прочного, консолидированного объема горных пород (спайки). Если порождаемый этим концентратором импульс силы будет существенно меньше количества движения всей системы блоков данного разлома, то он не повлияет на смещение блоков по разлому за зоной действия этого концентратора. Это обстоятельство приведет к образованию вокруг концентратора локального поля упругих напряжений, что и спровоцирует процессы возникновения и накопления упругих смещений в горных блоках, примыкающих к остановившемуся участку разлома.

Таким видится путь формирования очагов коровых землетрясений.

Таким образом, очаг в стадии (фазе) созидания должен представлять тело, обладающими деформациями которого являются упругие деформации – **это условие является необходимым и достаточным для зарождения и формирования очага сильного землетрясения.**

Эта спайка, означающая остановку смещений блоков в том или ином участке разлома при непрекращающемся движении двух протяженных, взаимно смещающихся систем блоков и породит здесь поле упругих напряжений, т.е. этот участок явится зародышем очага землетрясения. Теоретическое объяснение возникновения такого поля упругих напряжений сводится к следующему: импульс силы, возникающий из-за образования концентратора напряжений в той или иной части системы, является ничтожно малым в сравнении с количеством движения всей системы и поэтому он не повлияет на скорость смещения всей системы. Следует еще раз сослаться на то, что сам факт существования коровой сейсмичности является бесспорным подтверждением тому, что указанный процесс «закачки» упругой энергии в некоторый объем горных пород вокруг остановившегося участка разлома: в очаг землетрясения, имеет место в действительности.

Итак, мы имеем полное право заключить, что причиной коровой сейсмичности является полная (или частичная) задержка смещений блоков земной коры в том или ином участке сейсмогенного разлома.

Следует заметить, что выделяемая при землетрясениях сейсмическая энергия является очень незначительной долей тектонической энергии, затрачиваемой на

тектонические смещения систем блоков по разделяющим их разломам. По оценкам [Ризниченко, 1985] для района Кавказа эта доля не превышает 1%. Даже трудно себе представить, что творилось бы на Земле, если бы эта доля была бы равна, например, 40–60%. Можно считать, что система тектонических смещений блоков земной коры, к счастью для нас, работает с очень небольшим «браком», который, тем не менее для Земли весьма ощутим.

2. Поле упругих напряжений, возникающее из-за образования «спайки» и вид сейсмогенной деформации, порождаемой этим полем

Для определения вида и размеров рассматриваемого поля упругих напряжений можно воспользоваться широко применяемым в решении задач теории упругости принципом локальности эффекта самоуравновешенных внешних нагрузок – принципом Сен-Венана.

Для нашего случая наиболее подходящей является следующая формулировка этого принципа: «Если в какой-либо малой части тела приложена уравновешенная система сил, то она вызывает в теле напряжения, очень быстро убывающие по мере удаления от этой части (экспоненциальный характер затухания напряжений)» [Безухов, Лужин, 1974].

Для обнаружения очагов готовящихся землетрясений принцип Сен-Венана вполне применим в силу несопоставимости размеров сейсмогенных разломов (тысячи километров) и размеров очагов землетрясений – длина очага разрушительного землетрясения с $M=7$ составляет 50–60 км и даже для сейсмической катастрофы с $M=8$ не превышает 200 км.

Согласно этому принципу вокруг возникшего концентратора напряжений (спайки) возникает местное поле упругих напряжений максимальное в месте зарождения спайки и экспоненциально уменьшающееся с удалением от этого участка разлома.

Совершенно очевидно, что локальное поле упругих напряжений с экспоненциальным характером затухания напряжений должно порождать **изгибные деформации горных пород** в готовящемся очаге землетрясения.

Таким образом, мы получили теоретическое обоснование вида деформационного предвестника корового землетрясения – **это упругий изгиб горных пород в очаге готовящегося землетрясения.**

Проверить справедливость этих теоретических соображений можно с помощью имеющихся в настоящее время геодезических экспериментальных данных. Речь идет о результатах повторных геодезических измерений в эпицентральных зонах сильных коровых землетрясений, выполненных до и после этих землетрясений (рис. 1).

На этом рисунке представлены данные повторных триангуляций, выполненных в эпицентральных зонах после случившихся сильных землетрясений. Вертикальные линии – сейсмогенные разломы, по которым произошли горизонтальные подвижки при землетрясениях. Зафиксированные смещения пунктов триангуляции показаны точками; масштаб смещений показан на вертикальной оси. На горизонтальной оси отложены расстояния этих пунктов от разлома.

На всех пяти графиках прослеживается одна и та же закономерность – смещения максимальны вблизи разлома и очень быстро (экспоненциально) убывают с удалением от него. Этот факт убедительно говорит о том, что порождаемые при

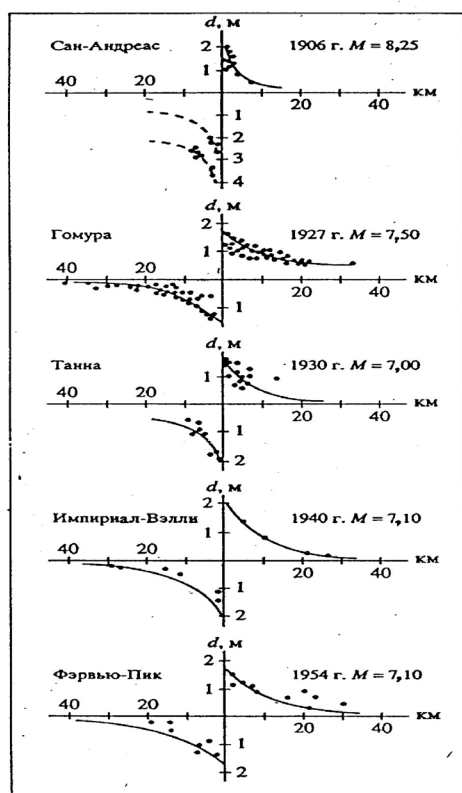


Рис. 1. Реальное распределение смещений пунктов триангуляции (d) в зонах сейсмогенных разломов при сильных коровых землетрясениях в зависимости от удаления геодезических пунктов от разломов, по [Касахара, 1985]

сильных землетрясениях смещения геодезических пунктов несут информацию о едином механизме подготовки этих землетрясений. Крайне важно и то, что этот механизм един для разных континентов. Следовательно, он является универсальным.

Причина появления указанной закономерности смещений пунктов триангуляции при землетрясении демонстрируется рис. 2.

На рис. 2А показан один и то же участок сейсмогенного разлома (вертикальная линия) в три момента: t_0 , t_1 и t_2 , соответствующих различным напряженным состояниям горных пород. Направление тектонических смещений на разломе показаны стрелками. Момент t_0 – в горных породах отсутствуют сейсмогенные напряжения, что показано прямой ab . Момент t_1 – горные породы предельно упруго напряжены (упругий изгиб): кривая ab . Момент t_2 – положение горных пород после землетрясения, при котором произошли следующие события: магистральный разрыв горных пород в очаге; смещение горных пород по этому разрыву и благодаря этому сброс накопленных в них ранее изгибных сейсмогенных деформаций – прямолинейные отрезки a и b .

Теперь обратимся к рис. 2Б, который отличается от рис. 2А лишь тем, что в нем добавлена прямая ek , представляющая собой прямолинейное геодезическое построение (геодезический профиль) созданное в момент t_1 , над зреющим очагом землетрясения. Вид прямолинейного геодезического профиля претерпел на первый взгляд парадоксальные изменения, превратившись в два искривленных отрезка, смещенных относительно друг друга. Однако в этом нет ничего загадочного – по условиям задачи профиль был создан на уже деформированных упругим изгибом горными породами готовящегося очага землетрясения. И, следовательно, при сбросе упругих напряжений горные породы сместились по разлому и при этом вы-

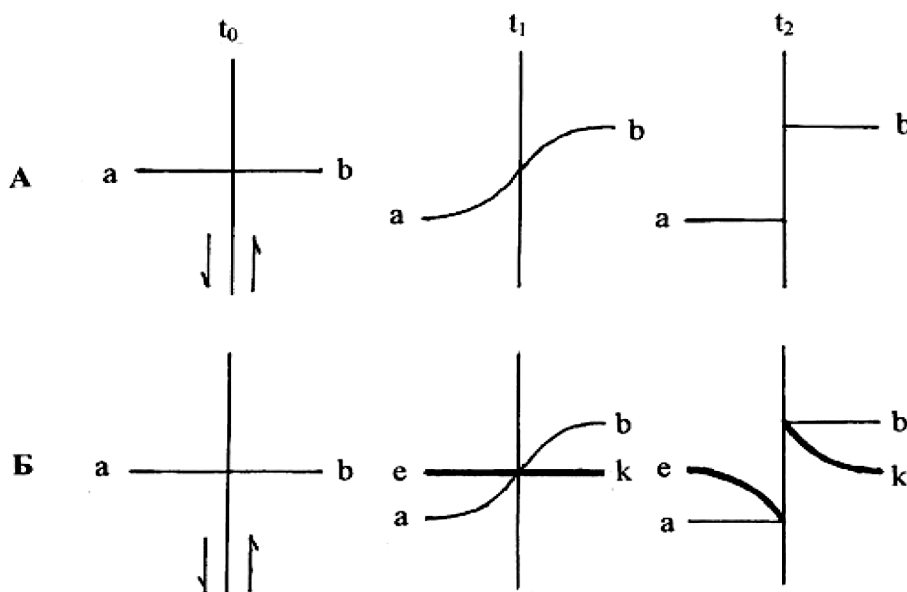


Рис. 2. Объяснение явления экспоненциального распределения смещений геодезических пунктов в эпицентральных зонах сильных коровых землетрясений

прямыми, а прямолинейный геодезический профиль над очагом наоборот превратился в два изогнутых отрезка, сохранивших кривизну кривой **ab**.

Совершенно очевидно, что эти два отрезка являются зеркальным отображением двух половинок упругой кривой **ab**, так как в результате землетрясения кривая **ab** и прямая **ek** обменялись своими формами и, следовательно, в этих изогнутых отрезках сохранилась информация о величине упругих деформаций, накопленных в очаге к моменту создания этого геодезического профиля. Из анализа рис. 2 следует, что во всех приведенных на этом рисунке случаях исходные триангуляционные измерения были выполнены над уже готовящимися очагами землетрясений, т.е. в них уже были накоплены сейсмогенные напряжения. Если бы это было не так, то первоначально прямолинейный геодезический профиль при землетрясении был бы лишь разорван на линии разлома, но не испытал никаких искривлений, а представлял бы собой два прямолинейных отрезка, аналогичных поведению горных пород в момент t_2 . Это говорит о том, что сильные землетрясения готовятся долго – многие десятки и более лет.

Таким образом, нам удалось расшифровать загадку появления кривых на рис. 1.

Эти экспериментальные данные убедительно подтвердили высказанные ранее теоретические соображения о том, что процессом подготовки корового землетрясения является накопление в его очаге упругих изгибных сейсмогенных деформаций. Кроме того они несут бесценную информацию о величине упругого изгиба горных пород, накопленного в каждом очаге землетрясения к моменту создания над ними исходных триангуляций.

Следует так же отметить, что по данным этого рисунка можно определить и ширину очага землетрясения, которую можно считать равной ширине зоны проникновения упругих смещений в тела контактирующих по разлому блоков земной коры. Для этого нужно определить расстояние между точками выхода на асимптоты экспоненциальных кривых этих блоков. Согласно данным рис. 1 эти расстояния измеряются несколькими десятками километров: от 40 до 60.

3. Об участии земной поверхности в процессе подготовки очага землетрясения, и обоснование возможности использование метода прямых задач для решения проблемы прогноза землетрясений

Анализ данных повторных геодезических измерений в эпицентральных зонах сильных землетрясений позволяет сделать следующие крайне важные для рассматриваемой проблемы выводы.

1. Коровая сейсмичность обусловлена нарушением ритма тектонических смещений в тех или иных участках сейсмогенных разломов.

2. Деформационным признаком подготовки очага землетрясения является, накапливаемый упругий изгиб в горных породах этого очага.

3. Указанный упругий изгиб удовлетворительно описывается кривыми $d = Ae^{ax}$, где d – величина упругого смещения рассматриваемой точки земной поверхности; x – удаление этой точки от разлома; A – величина максимального смещения бортов разлома при землетрясении, a – интегральная характеристика упругих свойств горных пород в очаге землетрясения.

4. При подготовке землетрясения упругие деформации проникают в тела контактирующих по разлому блоков на 20–30 км, т.е. полная ширина очага сильного землетрясения составляет 40–60 км.

5. Процесс накопления в очаге упругих деформаций захватывает и земную поверхность, что позволяет осуществлять **точный прогноз места готовящегося очага** землетрясения методами решения прямой задачи.

6. Отслеживать процесс подготовки очага землетрясения, т.е. достоверно определять вид упругой кривой на таких базах (десятки километров) возможно **лишь геодезическим методом** [Певнев, 2003].

Однако возможности геодезического метода не ограничиваются только прогнозом места готовящегося очага землетрясения: он позволяет также осуществлять прогноз силы землетрясения, которую может породить этот очаг а ускорить вопрос решения прогноза времени готовящегося землетрясения.

Для решения вопроса о силе готовящегося землетрясения, прогноз которой возможен геодезическим методом, следует воспользоваться функциональной зависимостью между силой землетрясения – магнитудой M и длиной очага L . Такие данные приведены в таблице 1 [Ризниченко, 1985].

Таблица 1

Зависимость силы землетрясения (M) от длины очага (L) и подвижки в очаге (D)

M	L , км	D , см
3	1,1	0,11
4	3,0	0,62
5	8,3	3,5
6	23	20
7	62	120
8	170	660
9	470	3800

Таким образом, если будет известна длина очага готовящегося землетрясения L , то это позволит предсказать и максимальную силу землетрясения (магнитуду M), которую может породить зреющий очаг. Совершенно очевидно, что это достижи-мо геодезическим методом. Для решения этой проблемы необходимо и достаточно определить длину упруго деформированного участка земной поверхности над об-наруженным ранее очагом зреющего землетрясения. Вопрос о виде геодезических построений, необходимых для определения размеров готовящегося очага землетря-сений, рассмотрен в [Певнев, 2003].

Что касается величины D в таблице, то, так как основной сброс накопленных упругих напряжений происходит при основном (магистральном) разрыве горных пород в очаге, то определенную сейсмологическим методом величину подвижки бортов разлома при землетрясении (D), можно считать численно равной макси-мальному сейсмогенному упругому смещению, накопленному в очаге к моменту землетрясения.

Следует отметить, что осуществление прогноза места готовящегося очага зем-летрясения откроет возможности и для решения проблемы прогноза времени этого землетрясения [Певнев, 2003].

Экспериментальным полигоном для исследований выбран Владикавказский разлом, представляющий наибольшую опасность для столицы Республики Север-ная Осетия-Алания – г. Владикавказа [Заалишвили и др., 2011]. Геодезические на-блюдения позволят ответить на главный вопрос – формируется ли очаг сильного землетрясения в зоне Владикавказского разлома.

Таким образом, использование геодезических исследований в решении пробле-мы прогноза землетрясений методами прямых задач позволит осуществлять точ-ный прогноз места и силы готовящегося землетрясения, а так же ускорит решение проблемы прогноза времени землетрясения.

Литература

1. Безухов Н.И., Лужин О.В. Приложение методов теории упругости и пла-стичности к решению инженерных задач. М.: Высшая школа. 1974. 200 с.
2. Гамбурцев Г.А. Состояние и перспективы работ в области прогноза земле-трясений. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР. 1960, с. 427-435
3. Заалишвили В.Б., Певнев А.К., Рогожин Е.А. О геодезическом мониторинге для прогноза землетрясений на Северном Кавказе (на примере владикавказского прогнозного полигона) // Геология и геофизика Юга России №2 2011. С. 33-40.
4. Касахара К. Механика землетрясений. М.: Мир, 1985. 264 с.
5. Певнев А.К. Пути к практическому прогнозу землетрясений. М.: ГЕОС. 2003. 153 с.
6. Развитие идей Г.А. Гамбурцева в геофизике. К 80-летию со дня рождения академика Григория Александровича Гамбурцева. Изд-во «Наука», М.: 1982, 320 с.
7. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. М.: Наука, 1985. 408 с.

ON THE REASONS OF EARTH CRUST SEISMICITY AND POSSIBILITY OF THE EARTHQUAKES FORECAST BY THE SOLUTION METHODS OF THE STRAIGHT PROBLEMS

© 2014 A.K. Pevnev¹, Sc. Doctor (Tech.), V.B. Zaalishvili²,
Sc. Doctor (Phys.-Math.)

¹Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences,
Bolshaya Gruzinskaya str., 10-1, Moscow 123995, Russia e-mail: an.pevnev@yandex.
ru; ²Center of geophysical investigations of VSC of RAS and RNO-A, Russia, 362002,
Vladikavkaz, Markov street, 93a, e-mail: cgi_ras@mail.ru

The ways of the crustal earthquakes centers formation and possibility of their forecast are examined.

The keywords: stress concentrator, elasticity, seismogenic deformation, the forecast of earthquakes.

УДК 550.8

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПО АДЫГЕЙСКОМУ ПРОФИЛЮ

© 2014 А.Г. Шемпелев^{1,3}, к.г.-м.н., С.У. Кухмазов²., В.Б. Заалишвили³,
д.ф.-м.н., проф., Л.Н. Невский³

¹Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ²ООО «Сей-Эко-Геон», 357623, Ессентуки, ул. Нагорная, д. 24, кв.4, e-mail: sergei.kukhmazov@mail.ru; ³ОАО «Кавказгеолсъёмка», 357600, Ессентуки, ул. Кисловодская, 203, e-mail: shemp38@yandex.ru

В последние годы несколькими организациями были выполнены геофизические исследования различными методами в западной части Центрального Кавказа. Вдоль Адыгейского профиля (Дагомыс-Абадзехская-Гиагинская) впервые получена комплексная геофизическая характеристика глубинного разреза земной коры вкрест всей структуры Большого Кавказа. Рассматриваются материалы МТЗ, МОВЗ и гравимагнитных съёмок. Предполагается, что структура Большого Кавказа, как часть Альпийского коллизионного пояса, возникла при напознании Скифской эпигерцинской плиты на консолидированную кору одной из закавказских микроплит.

Ключевые слова: Большой Кавказ, Главный Кавказский надвиг, глубинные геофизические исследования.

Большой Кавказ, одна из структур Альпийского складчатого (коллизионного) пояса, является геологически хорошо изученной территорией России. Уже в 60-х годах прошлого столетия через Большой Кавказ пройдено два кусочно-прерывистых профиля глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ): Степное-Бакуриани и Волгоград-Нахичевань (Ю.Г. Юров, Э.Г. Данилова, А.Б. Кибалов, Г.В. Краснопевцева и др.). Фактические материалы ГСЗ по этим профилям не противоречат концепции тектоники литосферных плит [Хаин, 1982]. Одним из вариантов их интерпретации было предположение вдоль оси Большого Кавказа зоны сопряжения коллажа закавказских микроплит с северной плитой [Шемпелев, 1978, 1982]. Некоторые фрагменты зоны сопряжения этих плит позже были зафиксированы при проведении комплексных геофизических исследований вдоль Туапсинского профиля [Шемпелев и др., 1984].

В последние годы ОАО «Кавказгеолсъёмка» совместно с ООО «Сей-Эко-Геон» и ЗАО «ГНПП «Аэрогеофизика» были выполнены геофизические исследования в западной части Центрального Кавказа. Отработанный Адыгейский профиль (Дагомыс-Абадзехская-Гиагинская) позволил впервые получить комплексную геолого-геофизическую характеристику глубинного разреза вкрест всей структуры Большого Кавказа (см. рис.) с равномерным шагом наблюдений, в том числе в условиях высокогорного рельефа. Эти материалы демонстрировались на Международной научной конференции по морской геологии в 2013 г. [Шемпелев и др., 2013] и XLVI Тектоническом совещании в 2014 г. [Шемпелев и др., 2014]. Наиболее приемлемым вариантом интерпретации наблюдаемой картины границ обмена PS-волн методом обменных волн далёких землетрясений (МОВЗ), учитывая материалы магнитотел-

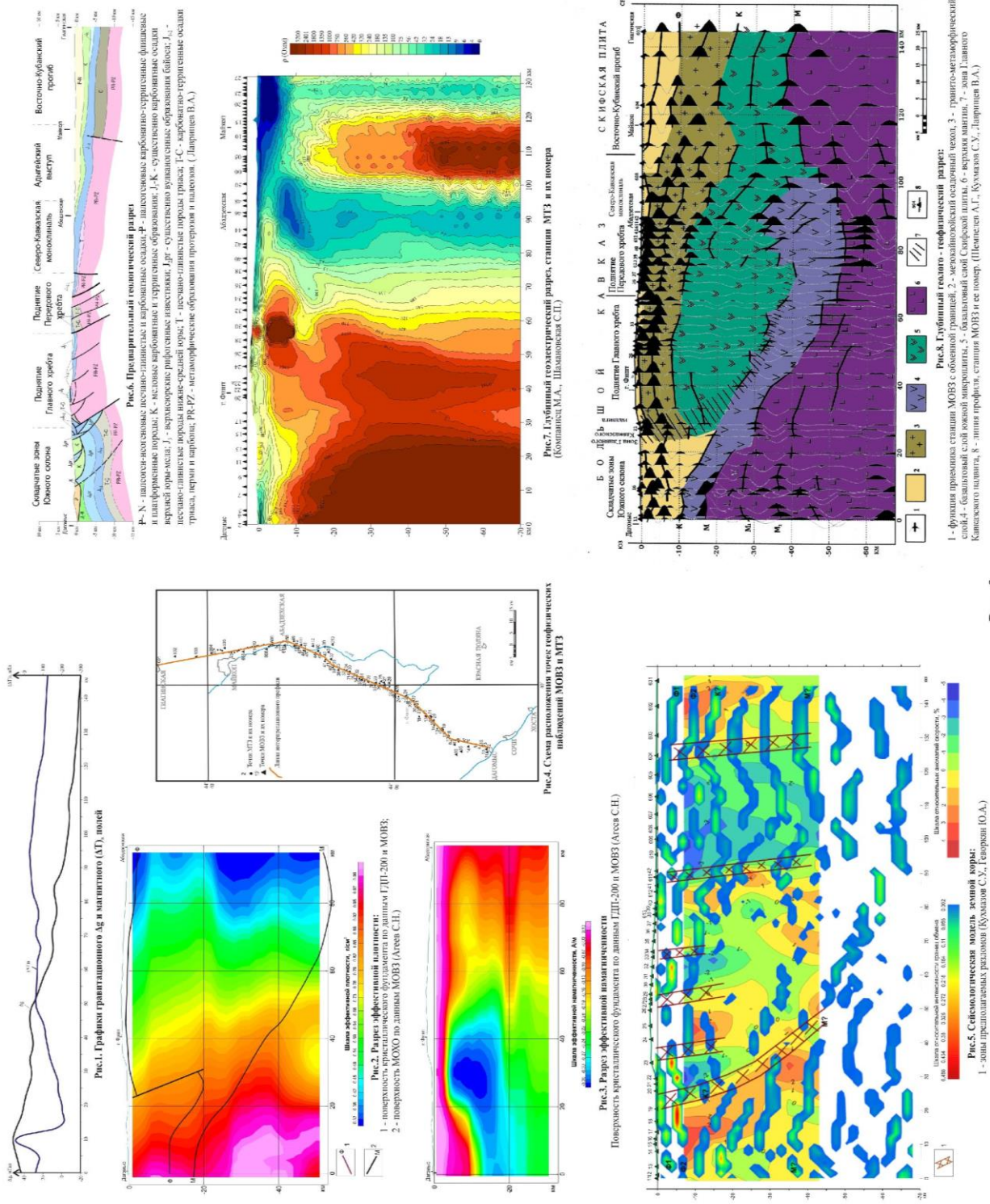


Рис. 1. Результаты геофизических исследований вдоль Адыгейского профиля

лурических зондирований (МТЗ) и гравимагнитные данные, по мнению авторов, является предположение погружения краевой части консолидированной коры южной микроплиты в мантию при наполнении земной коры Скифской эпигерцинской плиты Скифско-Туранской платформы. В результате этого происходит образование орогена Большого Кавказа за счёт фронтальной части Скифской плиты (поднятия

Главного и Передового хребтов). Северо-восточная часть Адыгейского профиля характеризуется субгоризонтальным залеганием слоёв земной коры (Восточно-Кубанский прогиб).

Граница обмена в пределах юго-западной части профиля с глубин 10-11 км погружается в северном направлении, и, принимая во внимание результаты МТЗ, может быть поверхностью высокоомного консолидированного фундамента. Выше лежащие складчатые зоны южного склона представлены вулканогенно-терригенными (повышенной намагниченности) отложениями мезозоя и осадочной толщей кайнозоя. Как предполагалось по ранее отработанному Туапсинскому профилю [Шемпелев и др., 2002], консолидированная кора этой части разреза может являться продолжением реликтовой субокеанической коры Черноморской впадины. Сейсмическими работами последних лет в рамках международной программы «Геология без границ» под Восточно-Черноморским бассейном «толщина собственно магматической океанической коры оценивается в 9-11 км» [Никишин и др., 2013]. При практическом отсутствии гранито-метаморфического слоя граница обмена на глубине 10-11 км может быть поверхностью условного базальтового слоя, то есть поверхностью Конрада (К). А граница обмена с максимальными амплитудами на глубине 17 км, которая также погружается под структуру Большого Кавказа с углами порядка 30°, учитывая высокую плотность нижележащих толщ, может быть одной из переходных поверхностей Мохо (М), подчёркивающих характер взаимоотношения слоёв земной коры разных плит.

Погрузившаяся часть консолидированной земной коры южной микроплиты, очевидно, в процессе надвигания (наползания) по пологому Главному Кавказскому надвигу консолидированной коры северной плиты, определила под Большим Кавказом так называемые «корни гор», практически отмечаемые под всеми горными сооружениями. Поверхность Мохо здесь опускается до глубин 55-60 км за счёт фактического удваивания толщины условного базальтового слоя. Динамика принимаемого коллизионного процесса объясняет смещение «корней гор» вдоль Адыгейского профиля от поднятия Главного в сторону Передового хребта. Перемещение масс с севера, вероятно, происходит при обгоняющем движении выше лежащих толщ земной коры, что впервые отмечалось ещё авторами ГСЗ А.Б. Кибаловым, Г.В. Краснопевцевой и в других работах [Шемпелев, 1978; Shempelev, Kumkova, 1994].

В центральной части Большого Кавказа кристаллический фундамент часто выходит на дневную поверхность. В его же западной части, где располагается Адыгейский профиль, фундамент, в основном, перекрыт мезозойскими отложениями, хотя и не большой мощности.

Скифская эпигерцинская плита в пределах северо-восточного окончания профиля имеет толщину земной коры около 40 км. Поверхность консолидированного фундамента здесь находится на глубинах 7-9 км. Пограничная зона между структурами Большого Кавказа и Скифской плитой (80-100-й км Адыгейского профиля) характеризуется на всю мощность земной коры нарушением корреляции границ обмена PS-волн и самыми низкими в пределах разреза волновыми скоростями, а также повышенными значениями градиента поля силы тяжести и повышенной электропроводностью.

Таким образом, по результатам комплексных геофизических исследований структура Большого Кавказа, как часть Альпийского коллизионного пояса, очевид-

но, возникла за счёт пологого надвига (наползания) земной коры Скифской плиты в районе Адыгейского профиля на консолидированную кору одной из южных микроплит, вероятно, субокеанического типа.

Литература

1. Никишин А.М., Амелин Н.В., Петров Е.И. Новая модель строения коры Чёрного моря, полученная по результатам научной программы «Geology Without Limits» // Материалы 45 (XLV) Тектонического совещания «Геологическая история, возможные механизмы и проблемы формирования впадин с субокеанической и аномально тонкой корой в провинциях с континентальной литосферой». М.: ГЕОС, 2013. С. 126-129.
2. Хаин В.Е. Сопоставление фиксистских и мобилистских моделей тектонического развития Большого Кавказа // Геотектоника. 1982. №4. С. 3-13.
3. Шемпелев А.Г. О глубинном выражении Главного Кавказского надвига. // Геотектоника. М., 1978, №6. С. 75-86.
4. Шемпелев А.Г. Разломно-блоковая тектоника Северного Кавказа по геофизическим данным // Геологический журнал. Киев, 1982. №4. С. 97-108.
5. Шемпелев А.Г., Кухмазов С.У., Геворкян Ю.А. Структура Большого Кавказа в поле обменных волн далеких землетрясений / Материалы XX Международной Научной конференции (Школы) по морской геологии. Институт океанологии РАН. М., 2013. С. 347-351.
6. Шемпелев А.Г., Кухмазов С.У., Агеев С.Н., Компаниец М.А., Лаврищев В.А., Шамановская С.П., Геворкян Ю.А. Структура Большого Кавказа по результатам геофизических исследований вдоль Адыгейского профиля (Дагомыс-Абадзехская-Гиагинская) / Материалы XLVI Тектонического совещания «Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения». М.: ГЕОС, 2014. С. 299-303.
7. Шемпелев А.Г., Фельдман И.С., Окулесский Б.А., Кухмазов С.У. Результаты МОВЗ и МТЗ по Туапсинскому // Геофизика. 2002. №2. С. 55-59, вкл.
8. Shempelev A.G., Kumkova I.I. Outstripping movements of upper stratum of Geological section on North Caucasus // Annales Geophysicae. European Geophysical Society, Katlenburg, FRG. 1994. P. 184.

RESULTS OF GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS ON ADYGEYA PROFILE

© 2014 A.G. Shempelev^{1,3}, Sc. Candidate (Geol.-Min.), S.U. Kuhmazov²,
V.B. Zaalishvili¹, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof.

¹Center of Geophysical Investigations of VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov st., Vladikavkaz, 362002, Russia, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ²LLC «Sei-Eco-Geon» app. 4, block 24, Nagornaiast., Essentuki, 357623, Russia, e-mail: sergei.kukhmazov@mail.ru; ³JSC «Kavkazgeoks'emka» 203, Kislovodskaiast., Essentuki, 357623, Russia, e-mail: shemp38@yandex.ru

In recent years, several organizations have been implemented geophysical surveys in the western part of the Central Caucasus using a variety of methods. Along the Adygeya profile (Dagomys-Abadzekhskaya-Giaginskaia) were received a comprehensive geophysical characteristics of deep crustal section across the entire structure of the Greater Caucasus. Examines material MTZ, IGAD and gravimagnetsurvey. The structure of the Greater Caucasus, as part of the Alpine collision belt, appeared with creeping of the Scythian plate on one of the Caucasus's consolidated crust microplate.

Keywords: big Caucasus, Caucasus movement, deep geophysical study.

НАШИ ГОСТИ

УДК 551.3

ОПОЛЗНИ ЮЖНОГО КАВКАЗА

© 2014 И.В. Бондырев¹, д.г.н., Э.Д. Церетели¹, д.г.н., Али Узун², д.г.н., проф.,
В.Б. Заалишвили³, д.ф.-м.н., проф.

¹Тбилисский государственный университет им. И. Джавахишвили, институт географии им. Вахушти, Грузия, 0179, Тбилиси, пр. Чавчавадзе, 1; ²Самсунский университет, Турция; ³Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru

Среди перечня стихийных катастроф важное место занимают катастрофы, спровоцированные оползнево-гравитационными процессами. Опасность оползневых процессов проявляется не только в ущербе, который они причиняют (а это более 200-500 млн. \$ США ежегодно), но и в их широком, почти повсеместном распространении.

Ключевые слова: оползни, обвалы, оползнево-гравитационные процессы.

Оползни возникают в платформенных и горно-складчатых структурах, во всех ландшафтно-климатических зонах и на разных гипсометрических уровнях, в том числе, и на подводных склонах. Хотя оползневые явления не приводят к такому количеству жертв, как землетрясения, наводнения, сели, снежные лавины и т. д., но по наносимому ими материальному ущербу (разрушение жилых домов, транспортных объектов, уничтожение земельных угодий и др.), они занимают одно из первых мест. Это отмечает в своих исследованиях и американский ученый К. Хьютт (1949), констатируя, что среди природных катастроф, происходящих в горных регионах, доминирующее положение в смысле их экономических последствий занимают оползнево-гравитационные явления, плотность которых колеблется от 1-й до 10 единиц/км².

Опасность для жизни и деятельности человека представляют не только грандиозные оползни. Дело в том, что ущерб от воздействия оползневых процессов определяется в основном массовостью их проявления и повторяемостью во времени, а так же географическим положением территории и степенью ее освоенности.

По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО, 1999 г.) в результате оползневых действий за 1972-96 гг. погибло 793 человека, а пострадало 137905. Это, безусловно, заниженная цифра, поскольку общеизвестно, что вторая половина 20-го века является периодом наибольшей активизации оползнево-гравитационных процессов и, за этот период, только на территории Кавказско-Понтийского региона погибло более 1000 человек, а пострадали сотни тысяч.

Более того, только за 1989-92 гг. в Японии, в результате склоновых процессов (преимущественно, оползневых) погибли 519 человек [Тихвинский, 1985].

Проведенный экспертами Комиссии по устойчивому развитию ООН анализ современной ситуации, показал, что среди наиболее распространенных опасных природных явлений, которые приносят самые тяжкие последствия (землетрясения, извержения вулканов, цунами, тайфуны, наводнения) находятся и оползни.

По мнению американского геолога Р. Шустера (1984) оползни и обвалы наносят гораздо больший социальный и экономический ущерб, чем принято считать. Они часто служат одним из основных факторов, порождающих массу других серьезных стихийных бедствий. К сожалению, масштаб этих последствий явно недооценивается средствами массовой информации.

По данным мировой статистики, до 70% оползней возникает в той или иной мере в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека [Тихвинский, 1985] и поэтому пораженность оползнями осваиваемых территорий чрезвычайно высока. Так, на территории США установлено около 20 млн. оползней. Из них до 80% всех зафиксированных оползней активизировались под влиянием хозяйственной деятельности человека. Ежегодный ущерб от оползневых и обвальных процессов в США составляет 2-2,5 млрд. дол, а погибает в среднем 25 человек [Осипов, 2001].

Наблюдения показывают, что чем мы ближе приближаемся по временной шкале к современному периоду, тем более сокращается период активизации оползневых процессов.

Так, если за 1906-1940 гг. время повторяемости экстремальных проявлений оползневой активизации составляло в среднем 3,7 лет, то за 1953-1970 гг., оно сократилось до 2,6 года [Стихийные бедствия..., 1978; Алексеев, 1998].

Опасность, связанная с оползнями и сопутствующими им проявлениями, особенно возросла в результате современной урбанизации и освоения весьма сенситетной территории в смысле развития оползневых процессов. Здесь особого внимания заслуживает степень освоенности территории под сельское хозяйство и инженерные объекты.

Вопросы классификации оползней и обвалов

В настоящее время число классификаций оползнево-гравитационных процессов общетеоретического, регионального и целевого (специального) характера, перешагнуло за сотни, причем все они отражают с различной полнотой и достоверностью отдельные стороны рассматриваемого процесса. Существующие классификации базируются на различных признаках явления: геологическое строение, структура, механизм, кинематика, морфология и т. д. Однако далеко не каждая из этих классификаций удовлетворяет требованиям формальной логики.

Для территории Грузии региональная классификация оползней и обвалов осуществляется на основе принципа ведущего признака. Все ниже перечисленные классификационные характеристики взяты из реальной обстановки, имеющей место на территории исследуемого региона. Так, оползни подразделяются по следующим факторам:

1. Геологическим условиям их образования, определяющих особенности деформируемого горизонта и глубину захвата склона, структуру оползневого тела, механизм смещения и характер повторяемости процесса. Здесь выделяются два класса:

а) оползни, возникшие в литифицированных и тектонически раздробленных скальных породах коренной основы. Обычно такие оползни отличаются большой

глубиной заложения и площадью охвата склона, более или менее однообразной структурой и механизмом смещения;

б) оползни, приуроченные к покровным связно-рыхлым отложениям активной зоны коры выветривания, которые характеризуются ярко выраженной гетерогенностью.

2. Признаку оползнеобразующих процессов, создающих стартовую базу для вывода оползнеопасного склона из равновесного состояния, выделяется группа оползней:

а) береговые;

б) тектоно-сейсмогенные;

в) консистентные (гидрогенные);

г) карстово-суффозионные;

д) криогенные;

е) техногенно-антропогенные;

ж) полигенные (т. е. оползни, в образовании которых трудно определяется ведущий фактор).

3. Морфогенетической природе склонов, которая во многом определяет классификационные особенности оползнево-гравитационных явлений. Выделены склоны: тектогенные, эрозионные, абразионные, вулканогенные, гляциальные, нивационно-криогенные, террасовые, денудационные, аккумулятивные, техногенные (срезанные, насыпные), сложного генезиса.

4. Характеру склона – ранее деформированных или не деформированных поверхностях, повторяются неоднократно. Здесь выделяются оползни первого порядка и второго порядка.

5. Глубине захвата склона и мощности деформируемого горизонта выделяются оползни:

а) поверхностные (глубина деформации ограничивается горизонтом корневой системы: 1-3 м);

б) мелкие – глубина деформации ограничивается зоной сезонных колебаний влажности и температуры (в основном 3-5 м);

в) средние – глубиной захвата до 10 м;

г) глубокие – до 10-20 м;

д) сверхглубокие – свыше 20 м.

6. Объему сползших масс оползни подразделяются на:

а) мелкие – до 10 тыс. м³;

б) средние – 10-100 тыс. м³;

в) большие – 0,1-1 млн. м³;

г) крупные – несколько млн. м³;

д) грандиозные – десятки и сотни млн. м³.

7. Условиям обводнения оползнеопасных склонов. Выделено 6 типов источников питания, за счет которых происходит формирование оползней, а именно:

а) атмосферные осадки;

б) грунтовые воды;

в) совместное воздействие атмосферных осадков и грунтовых вод;

г) подземные воды глубоких горизонтов (тектонически нарушенные и закарстованные зоны);

д) инфильтрация водохранилищ и оросительных систем, а так же – стоковые (техногенные) воды;

е) комбинированное обводнение склона.

8. Степени активности оползни делятся на:

а) весьма активные – находящиеся в непрерывной динамике с момента возникновения и до завершения полного оползневого цикла;

б) активные, периодически переходящие в динамическое состояние в результате выпадения аномального количества атмосферных осадков;

в) потенциальные или временно стабилизировавшиеся, находящиеся в данный момент в состоянии покоя, которое весьма неустойчиво и в любое время вновь возможна их активизация в результате повторения одного оползнеобразующего, изменяющегося во времени фактора;

г) стабильные, равновесие которых не нарушается при современной базисной обстановке и без изменения условий оползневого цикла.

9. В механизме оползневого процесса участвуют не только детерминированные причинно-следственные зависимости оползнепроявления, но и стохастические составляющие. Поэтому, в природе могут встречаться разные типы оползнево-гравитационных явлений, имеющих одинаковые механизмы смещения. Более того, несмотря на то, что каждый тип оползней имеет свойственный ему механизм развития, в результате изменения роли отдельных агентов генезиса, может происходить смена его механизма.

Оползни, подразделяются так же по видам и механизму смещения. По этим критериям выделены оползни: скольжения, сдвига, ползучести, пластические, обрушения, разжижения и оползни-потоки.

Негативные последствия оползневых и обвальных явлений особенно остро ощущаются по всей территории Кавказско-Понтийского региона. Здесь механизм их образования и масштаб проявления существенно отличаются от оползней, развитых в платформенных условиях. Это отличие, прежде всего, обусловлено существенной разницей в характере морфоструктуры и резко выраженной энергией рельефа.

На участке северного склона Большого Кавказа, в районе Кармадонской трагедии, было выявлено значительное количество оползней генетически связанных с механизмами катастрофического схода ледника Колка. Наиболее ярким примером являются грандиозный Ламардонский оползень в долине р. Фиадгон.

Несмотря на то, что большая часть территории Армянского нагорья занята вулканическим рельефом, оползневые процессы занимают здесь площадь более 50 тыс. га, причем на четверти этой территории фиксируются активные оползни [Сагателян, 2002]. Из зафиксированных здесь активных оползней различного масштаба, более 90% расположены на высотах до 2000 м над уровнем моря, где сосредоточено 89% населенных пунктов страны [Валесян, 2002].

На территории региона оползнево-обвальные явления больше всего угрожают населению и инженерно-хозяйственным объектам Грузии и северо-восточной Турции. Они отличаются не только масштабностью развития, но и многообразием своего генезиса, механизмом смещения и динамикой.

Широко развиты данные процессы и на территории Черноморского побережья Краснодарского края (Российская Федерация). Так, на территории Сочинского участка побережья, где выделяется 11 разновозрастных генераций блоковых оползней, исследованиями А. И. Шеко и др. [Опасные гидрометеорологические явления..., 1980; Предупреждение опасных ситуаций..., 2006; Шеко и др., 2001] было установлено, что их активность возрастает от древних ярусов рельефа, к более молодым.

Здесь было зафиксировано 400 оползневых тел, из которых 70% являются блоковыми оползнями, а 35% – пластического течения. При этом почти все пластические оползни имеют антропогенный (техногенный) генезис. На основе этих исследований была составлена прогнозная карта оползневой опасности данного района масштаба 1:5000.

Важным фактором, ограничивающим потенциал социально-экономического развития региона, является широкое развитие оползнево-обвальных явлений. Только на территории Грузии закартировано более 55 тыс. оползнево-обвальных участков, общая площадь которых превышает 4,5 млн. га, что составляет более 20% от всей территории страны. Реальная угроза существует для 2000 населенных пунктов. На трассах экспортного нефтепровода Западного направления и Транскавказского газопровода, зафиксировано более 70 оползневых тел, а некоторые участки трассы трубопроводов Баку-Тбилиси-Джейхан и Шах-Дениз – Эрзрум проходят в зоне высокого риска оползневой опасности. Более 25% автомобильных дорог страны так же находится в зоне воздействия этих процессов.

Сегодня, реальная опасность активизации оползней существует в зоне Жинвальского водохранилища, которое является одним из основных объектов водоснабжения г. Тбилиси.

Даже в условиях фоновой активизации оползневых процессов, ущерб от них для экономики Грузии определяется сотнями миллионов долларов США. Из них прямой ущерб, причиняемый сельскому хозяйству, составляет 45-50 млн. долларов США. В период 1967-1968 гг. на территории Западной Грузии активизировалось и впервые образовалось более 5 тыс. оползневых тел, были разрушены и деформированы до 10 тыс. жилых домов, выведено из сельскохозяйственного оборота 30 тыс. га.

За период 1983-85 гг., на урбанизированных территориях было зафиксировано 534 вновь образовавшихся и 1262 активизировавшихся оползней; было разрушено 2038 жилых домов, а 10000 га пахотных земель были выведены из строя. В период резкой активизации стихии в 1987-1989 гг. образовалось около 8 тыс. новых оползней, которыми было разрушено и деформировано до 20 тыс. жилых домов и хозяйственных объектов, свыше 9000 семей было переселено на новые места.

По неполным данным, общее количество оползневых тел занесенных в кадастр урбанизированных территорий Грузии, составляло 6800 [Бердзенишвили и др., 2000; Бондырев и др., 1990; Bondyrev et al., 2004] (см. табл. 1).

Основными факторами, обуславливающими развитие оползневых процессов, являются:

- наличие в верхней зоне геологической среды пород с низкими инженерно-геологическими свойствами, характеризующимися высокой чувствительностью к природно-техногенным воздействиям;
- высокая энергия рельефа, обуславливающая активное воздействие на динамическое состояние склонов и контрастно проявляющаяся в режиме их устойчивости;
- широкий диапазон тектонических нарушений различной глубины и ориентации, а также характер и направленность новейших тектонических движений и связанная с ними сейсмическая активность
- резкая пространственно-зональная изменчивость климатических и микроклиматических условий, интенсивное обводнение склонов поверхностными и подземными водами, снижающее их устойчивость.

Таблица 1

Количество занесенных в кадастр оползней урбанизированных территорий Грузии

№	Регионы	Кол-во оползней	№	Регионы	Кол-во оползней
1	Абхазия	900	8	Месхети-Джавахетия	195
2	Аджария	509	9	Внутренняя Картли	470
3	Гурия	361	10	Нижнее Картли	84
4	Мегрелия	304	11	Мтиулет	973
5	Сванетия	297	12	Кахетия	613
6	Рача-Лечхуми	540	13	Тбилисский	60
7	Имеретия	1429	ВСЕГО		6735

В последнее время важным риск-фактором, нарушающим естественный баланс природной среды является деятельность человека. До 70% всех зафиксированных оползневых проявлений приурочены к территориям, испытывающим высокий техногенный прессинг.

Практически все проблемы, связанные с развитием оползневых процессов в Грузии, всесторонне освещены в монографии авторов «Генеральная схема противоэрозионных мероприятий территории Грузии на период 1981-2000 гг.» [Мдинарадзе и др., 1988].

В результате активизации экзогенных процессов, обусловленных этими же факторами, из сельскохозяйственного оборота ежегодно выводится более 5% угодий, а 50% из них – повреждено эрозией. Под воздействием антропогенного фактора на пахотных землях Восточной Грузии смывается до 100-130 т/га в год почвенного слоя, а в Западной Грузии – 150-160 т/га в год.



Рис. 1. Карта районирования территории Грузии по степени нарушенности оползневыми процессами и уровню риска [по Э. Церетели, 2003]

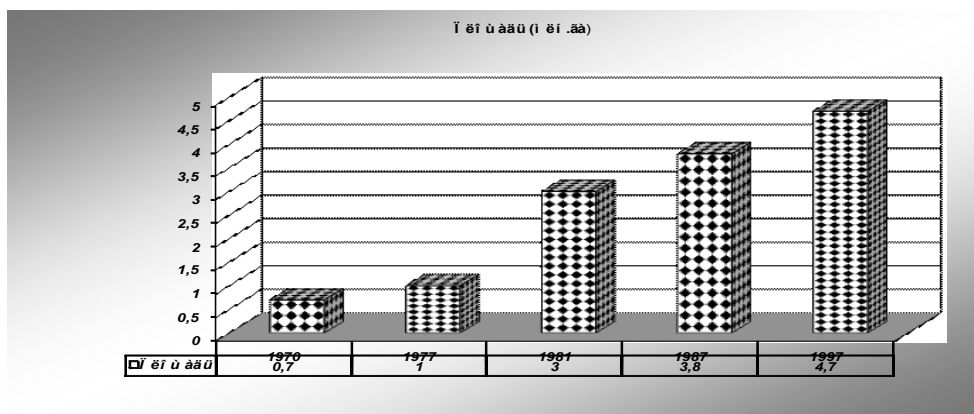


Рис. 2. Площадь территории Грузии подверженная воздействию опасных геодинамических процессов и явлений

Во время ливневых дождей эти значения вырастают в 2-4 раза. В целом, в Грузии, площадь территорий, охваченных стихийными процессами, постоянно растет, и к 1996 г. достигла 4,7 млн. га. Сегодня же, эта величина превышает 5,1 млн. га.

Объем ряда оползневых тел (Алгетский, Сионский и Ладжанурский оползни) достигает 20-25 млн. м³. Среди отрицательных последствий оползневой активизации наиболее остро стоит вопрос защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных земель.

В условиях горных районов Аджарии объемы выноса материала под воздействием овражной эрозии составляют на склонах с уклоном до 15⁰-0,2-0,3 м³/км², а на склонах с уклоном свыше 20⁰-0,05-0,69 м³/км². За 1967-1992 гг. в Абхазии на урбанизированных территориях было закартировано 900 оползневых участков. В



Рис. 3. Опасные геодинамические процессы и участки риска территории Аджарии [по Э. Церетели, 2003].



Рис. 4. Оползень в окрестностях с. Мерелиси (Имерети, Грузия). Поперечный разлом оползня в кристаллических породах у с. Мерелиси

зоне высокого их риска их проявлениях находилось 82 населенных пункта и более 2 тыс. жилых домов, из которых полностью разрушено 560, а 20 тыс. га высокоплодородных земель стали непригодными.

Даже в условиях фоновой активизации оползневых процессов, ущерб от них для экономики Грузии определяется сотнями миллионов долларов США. Из них прямой ущерб, причиняемый сельскому хозяйству, составляет 45-50 млн. долларов США. В периоды максимального пароксизма оползневых процессов их последствия велики, что фактически не поддаются стоимостной оценке. Так, за весенне-осенний период 1967-68 гг. на территории Западной Грузии на площади порядка 300 тыс. га активизировалось и вновь образовалось до 5 тыс. оползней, в результате чего были приведены в негодность 30 тыс. га сельскохозяйственных земель, разрушены и деформированы более 10 тыс. жилых домов, более половины жителей были переселены на новые места. Общий ущерб составил 500 млн. \$ США.

За период 1983-85 гг., в плотно заселенных и интенсивно освоенных в сельскохозяйственном отношении регионах Грузии, было зафиксировано 534 вновь образовавшихся и 1262 активизировавшихся оползней. Ими было разрушено 2038 жилых домов, а 10 тыс. га пахотных земель было выведены из строя.

Во время катастрофической активизации экзодинамических процессов в 1987-1989 гг., вызванных аномально большим выпадением атмосферных осадков (в среднем на 400 мм выше среднемноголетнего значения) и охвативших всю территорию страны, общее число оползней, находящихся в активном состоянии превысило 30 тыс. Только на урбанизированных территориях было зафиксировано до 8 тыс. вновь образовавшихся оползней. Было разрушено и деформировано более 20 тыс. жилых домов и хозяйственных объектов, свыше 9 тыс. семей переселено на новые места. В Горной Аджарии, под толщей оползня объемом в 20 млн. м³, было погребено с. Цаблана; погибло 50 человек. Общий ущерб от этого бедствия превысил 1 млрд. \$ США.

В 1975-76 гг. на Черноморском побережье Грузии оползнями было разрушено до 900 жилых домов, 30 административных зданий, выведено из сельскохозяйственного оборота 5400 га.



*Рис. 5. Оползневой блок в Шуахевском районе Аджарии
(фото Э. Цертели, 1991 г.)*

Сильные землетрясения, имевшие место в целом ряде регионов Грузии в период 1991-1992 годов, сопровождались ливневыми дождями, что привело к невиданной активизации оползней, камнепадов и обвалов. Возникло до 20 тыс. оползне-гравитационных образований, под воздействие которых попало до 1500 населенных пунктов. При этом, в некоторых регионах вновь образовавшиеся оползни и обвалы сыграли роковую роль для многих населенных пунктов. Так, под гигантским обвало-оползнем (объемом 70 млн. м³) было полностью погребено с. Хахиети (Сачхерский р-н), где погибло до 50 человек. Обвал объемом до 500 тыс. м³ перекрыл ущелье р. Квирила у с. Перевили. Оползень объемом 150 млн. м³ полностью накрыл с. Чорди (Онский район) с 70 семьями. Также полностью были разрушены села Белоти, Сацхениси и Крихи. Оползень объемом 170-200 млн. м³ возник на территории близко расположенных сел Жашква и Самицо. В ущелье р. Паца, у с. Кочув (правый приток р. Большой Лиахви), образовался оползень объемом 70 млн. м³, который перекрыл реку плотиной высотой 40 м. (рис. 6), образовав оз. Паца.

На территории сел Варджанули и Даниспареули (Аджарский регион) образовались глубокие оползни, объемом соответственно 30 и 90 млн. м³. На территории Аджарии образовались также сотни поверхностных, мелких пластических оползней, что нанесло большой урон экономике региона; погибло до 100 человек.

Проведенные исследования убедительно показывают, что со второй половины XX века на территории Грузии наблюдается прогрессирующий рост числа оползневых явлений и значительное сокращение периодов экстремальной активизации оползневого процесса. Так, если в 50-х годах на территории страны было зафиксировано до 300 оползней, то в 1963 году количество закартированных оползнево-гравитационных процессов составило 3000, в 1968 г. число их возросло до 5 тыс. участков, а в 1972 г. – до 10 тысяч. В 1981 г. в Генеральную схему противоэрозионных мероприятий на период 1981-2000 гг. было внесено 15 оползневых участков, для закрепления которых была определена сумма в размере 700 млн. \$ США. К

Таблица 2

**Населённые пункты, расположенные в зоне подверженности
геодинамических процессов в Черноморском бассейне Грузии
(по данным на 1999г)**

Название бассейна (региона)	Кол-во населённых пунктов, находящихся в зоне риска (ед.)	Кол-во оползней и селей угрожающих населённым пунктам (ед.)	
		оползни	селевые участки
Нижние течения бассейнов рек Абхазии	82	900	33
Бассейн р. Аджарисцкали (Горная Аджария)	182	583	126
Бассейн р. Кинтриши (Кобулетский район)	38	82	1
Бассейн р. Супса (Чохатаурский район)	37	201	8
Бассейн р. Супса (Гурия)	54	221	6
Нижнее течение бассейна реки Ингури (Мегрелия)	125	304	24
Верхнее течение бассейна р. Ингури (Верхняя Сванетия)	82	192	68
Верхнее течение бассейна р. Риони (Рача-Лечхуми и Нижняя Сванетия)	250	721	146
Среднее течение р. Риони (Имеретия)	292	1429	136
Всего	1142	4633	548

1987-89 гг. число оползней достигло 30 тыс. единиц, а к 1991-92 гг. перевалило за 50 тыс. [Таташидзе и др., 2002].

Констатация столь большого количества оползнево-гравитационных явлений является с одной стороны результатом проведения детальных исследований и масштабного охвата территории, а с другой – проявлением экстремальной активизации этих процессов. Подтверждением этому служат статистические данные обследования жилых домов и сельхозугодий, деформированных в процессе экстремальной активизации оползневых явлений (см. таблицу 2).

В результате катастрофического пароксизма стихийных процессов в 1991-1992 гг., количество деформированных жилых домов и сооружений перевалило за несколько десятков тысяч; воздействию оползней подверглись сельскохозяйственные угодья на площади: в 1969-34265 га, в 1990-326840 га, в 1991-92 гг – 127023 га. Характерным примером активизации оползневых процессов и связанных с ними деформаций жилых домов является Аджарский регион, который с конца 70-х годов XX века по степени активизации оползневых процессов и размеру ущерба перешел из категории территорий средней степени риска в категорию высокого риска (см. рис. 1-4).

По неполным данным, полученным в процессе геомониторинговых обследований за 1996-2000 гг., значительная активизация оползневых процессов была зафиксирована в Аджарии, Сванетии, Рача-Лечхуми, Гурии, Имеретии, Мтиулети, а в пределах среднего фона их активизации – в Мегрелии, Внутренней Картли, Мес-



Рис. 6. Подпорное озеро Паца

хетии и Кахетии. На 2000 год общее количество занесенных в кадастр урбанизированных территорий оползнеопасных участков, постоянно угрожающих более чем 2-х тысячам населенных пунктов, составляло 6,8 тысяч единиц [Бердзенишвили и др., 2000].

I – Районы распространения активно действующих оползней: 1) среднегорье ЮВ Кавказа, сложенные терригенно-карбонатными формациями ср. мела – юры,

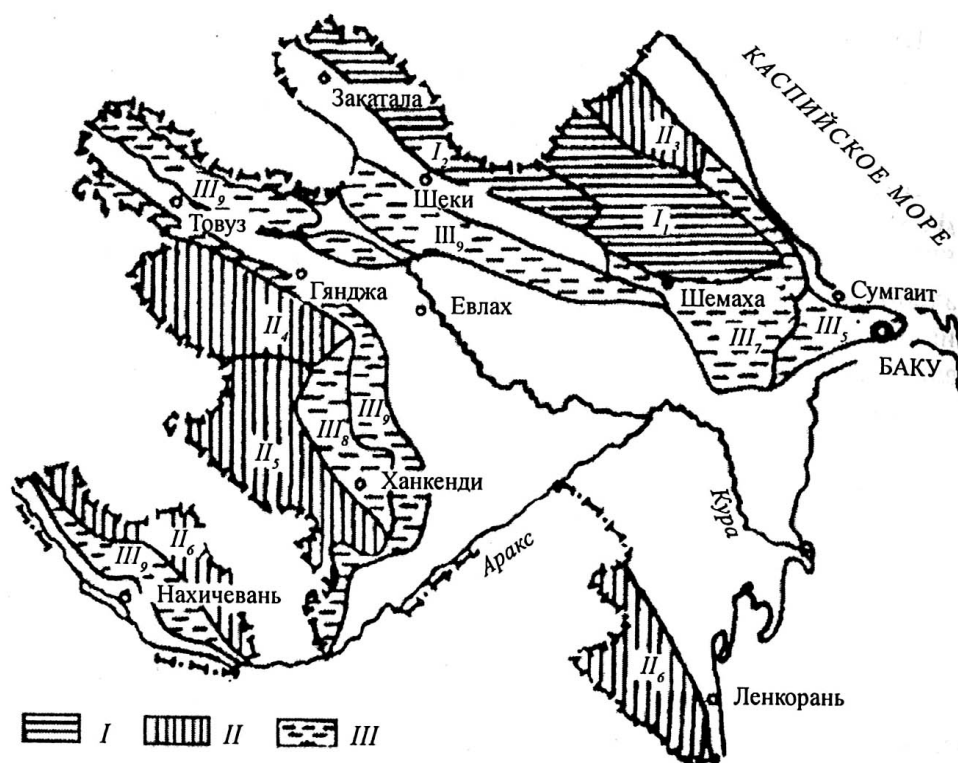


Рис. 7. Схема районирования оползневых процессов Азербайджана [по Будагов, Мамедов, 2002]

с сейсмичностью до 8-9 баллов, осадки – 600-900 мм/год; 2) среднегорье южного склона Большого Кавказа, сложенное в сланцах, песчаниках и известняках ниж. мела – юры, сейсмичность до 8 баллов, осадки – 1300-1400 мм/год

II – Районы распространения оползней средней активности: 3) Гусарская наклонная равнина, 4) средне- и высокогорья Малого Кавказа, 5) средне- и высокогорья бассейнов рек Акера и Тертер, 6) горные районы Нахичевани и Ленкорани, на терригенных вулканогенно-осадочных породах палеоген-неогена, осадки – 900 мм/год

III – Районы с невысокой степенью оползневого риска: 7) низкогорья Гобустана, 8) низко- и среднегорья Карабаха

На территории Азербайджана оползневые явления распространены весьма широко и наносят значительный ущерб экономике страны. В пределах исследуемого региона активные оползневые процессы на территории Азербайджана развиты в горных районах Большого Кавказа и Ленкорани, особенно на территории Талыша (см. рис. 7).

На склонах Талышских гор, почти все речные долины, в той или иной степени подвержены оползевым процессам. В зоне высокой опасности находятся больше 100 населенных пунктов, в том числе город Баку, где в 2000 году оползни нанесли столице Азербайджана ущерб в размере 50 млн. долл. [Будагов, Бабаханов, 2002]. Общая площадь земель Азербайджана, расположенных в зоне высокой оползневой опасности составляет более 4040 км² [Алексеев, 1998].

По официальным данным, 13% территории Азербайджана (более 10 тыс. км²) подвержено воздействию опасных геодинамических процессов: под угрозой оползней находится 800 км², потопления – 700 км², селей – 1300 км², сейсмосдвигов – 6518 км², снегопадов и лавин – 400 км², обвалов – 150 км².

Особое внимание следует уделять своевременности проведения защитных, профилактических или восстановительных мероприятий. Так, из-за непринятия превентивных мер по предотвращению или смягчению оползней в с. Баилово, на ликвидацию его последствий было истрачено 65 млрд. манатов [Тринадцать процентов..., 2000]

Широкое распространение оползневых процессов фиксируется и в Понтийских горах. Особо негативно эти процессы развивались в прибрежной зоне восточной



Рис. 8. Схематическая геологическая карта прибрежной зоны восточного побережья Черного моря в пределах Турции

части Черного моря. При этом динамика грунтовых вод, все более возрастающие откосы обусловили неустойчивость склонов, к чему добавились проложенные здесь автомобильные дороги. Вся инфраструктура населенных пунктов, в том числе выгребные ямы, являются наиболее активной причиной образования оползней.

Необходимо снизить антропогенную нагрузку на склоны, что будет способствовать снижению динамической нагрузки и сокращению числа и размера ущерба от этих геодинамических процессам. Особо подвержены этим явлениям Восточные Понтиды.

Таблица 3

Максимальные значения выпавших осадков по данным метеостанций Трабзон, Ризе и Хопа [The bulletin of average..., 1984]

Трабзон		Ризе		Хопа	
Мах. кол-во осадков (мм/сутки)	Дата	Мах. кол-во осадков (мм/сутки)	Дата	Мах. кол-во осадков (мм/сутки)	Дата
79,9	01.01.1946	113,9	15.01.1968	69,1	03.01.1963
52,7	01.02.1967	123,9	02.02.1937	65,2	23.02.1965
37,2	14.03.1968	70,7	12.03.1951	65,3	10.03.1950
40,1	27.04.1932	60,8	15.04.1947	52,7	10.04.1978
65,8	01.05.1941	148,3	20.05.1959	87,6	17.05.1963
68,1	22.06.1950	106,8	24.06.1952	101,5	24.06.1969
56,1	08.07.1940	104,9	14.07.1938	115,8	07.07.1979
81,6	29.08.1951	240,9	24.08.1939	161,5	29.08.1972
62,0	01.09.1974	164,0	22.09.1951	154,4	13.09.1962
106,7	20.10.1971	131,8	02.10.1931	112,8	07.10.1971
68,3	20.11.1932	144,1	10.11.1968	106,1	01.11.1978
62,1	08.12.1949	135,4	24.08.1939	90,3	03.12.1968
106,7	20.10.1971	240,9	24.08.1939	161,5	29.08.1972

Проведенные нами совместно с турецкими геологами в 1999 г. [Yilmaz A., et al., 2001] исследования позволили установить, что в зависимости от свойств и состояния горных пород и морфологии оползнеопасных склонов, характер их пораженности колеблется в широком диапазоне. Более часты проявления неглубоких и небольших по площади оползней, которые фиксируются в зоне обводнения грунтовыми водами и атмосферными осадками склоновых отложений, покрывающих денудационные поверхности. Аналогичная ситуация и на побережье Черного моря, в верхней зоне латеритовых образований, особенно на участке Хопа – Трабзон (табл. 3). Так, в 1996 г. в с. Гомар-Союксе в результате активизации развитого в латеритах оползня объемом до 30 тыс. м², на наших глазах был разрушен 7-миэтажный жилой дом, а оползневая масса перекрыла главную черноморскую автостраду.

Наиболее крупные по площади (0,5-5 км²) и глубокие (более 50 м) оползни приурочены к зонам тектонических нарушений. Такие тектоно-сейсмогенные гравитационные явления имеют широкое развитие в долинах рек Чорохи, Шартул-дере, Мургули, Мейданчик-дере, а особенно Шавшети и Пософ, в полосе развития вулканогенных пород годердзской свиты. Сейсмогравитационные явления создают

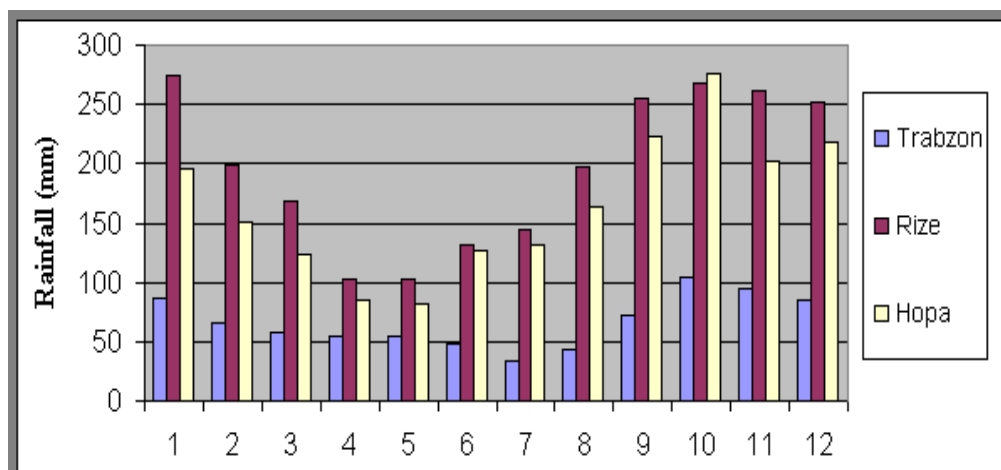


Рис. 9. Данные по осадкам в городах Трабзон, Ризе и Хопа

особую опасность для населения г. Трабзон. Так, оползень, развитый в вулканогенных породах мела на левом склоне долины р. Дегирмели-Мачка, разрушил большую часть с. Мачка. Он представляет собой оползень блокового смещения шириной по склону до 3 км, а в длину 1,3 км, и глубиной деформации до 60 м. Объем смещенной массы составляет порядка 150 млн. м³. В древнем оползневом теле четко фиксируется несколько ступеней, указывающих на его многократную активизацию. В настоящее время оползень «ожил» и угрожает уцелевшим селениям перекрытием русла реки.

Второй грандиозный тектосейсмогенный оползень фиксируется в вулканогенных породах в ущелье р. Сера. Оползень возник в сентябре 1950 г. и имеет сложный генезис. Первоначально он сформировался как оползень блокового сдвига, с высотой стенки срыва 70-75 м., переходя затем в оползень-обвал, и заканчивается пластическим смещением, перекрыв русло и, образовав озеро Сера, глубиной до 18 м. Объем оползневой массы превышает 90-100 млн. м³.



Рис. 10. Оползни в провинции Ризе, Турция

В 2002г крайне тяжелые погодные условия (продолжительные обильные дожди) вызвали сходы многочисленных оползней в Лазистане (Причерноморский район Турции).

Один из таких оползней-обвалов, возникших на крутом склоне долины р. Мачка в 1991 г., перекрыл шоссейную дорогу и унес жизни 70 человек ехавших в двух автобусах. Такая же катастрофа имела место в 1988 г. в районе с. Каштак, где на шоссе Трабзон-Эрзрум в результате проливных дождей образовался оползень объемом 500 тыс. м³, который на протяжении 25 км разрушил дорогу, ряд строений, замуравив под завалом до 60 человек.

Грандиозный оползень отмечается также на правом склоне долины р. Мачка, где он простирается вдоль реки примерно на 5 км и в случае экстремальной активизации угрожает катастрофой, как хозяйственным объектам, так и населению. Учитывая тот ущерб, который наносят оползнево-гравитационных явления населению и инженерно-хозяйственным объектам (особенно в горных регионах), не удивительно, что изучение этих процессов, их классификация и прогноз имеют длительную историю [Uzun, 1993; Uzun A., Uzun S., 2004].

В 2002 году, оползни и сильные ветра уничтожили в Восточных Понтидах десятки плантаций и лишили регион урожая. Возникла угроза эпидемий. Серьезнее всего пострадала провинция Ризе, расположенная на побережье Черного моря. Но, особо тяжелое положение сложилось здесь, в затопленной дождями деревне Селамет. Были размыты все дороги, имела место массовая гибель скота, разрушены сотни домов. Все завалило поваленными деревьями и увязшими в грязи автомобилями. Но самое тяжелое, это то, что вода унесла жизни 32 человек. Жителей затопленных районов пришлось срочно эвакуировать (табл. 4).



Рис. 11. Крутые склоны и человеческая деятельность способствуют образованию оползней в селении Селамет (провинция Ризе) (photo A. Uzun)



Рис. 12. Оползень в с. Селамет двигавшийся отдельными подвижками с высоты 30 м, разрушивший жилой дом (слева) и остановился, упершись в выступ вулканогенных пород (photo A. Uzun)

Таблица 4

Некоторые крупные оползни в прибрежной зоне северо-востока Турции [А. Uzun, 1987]

Оползень	Дата	Основная причина	Последствия
Оползни и течение склона в районе Чайкара-Улусами, Трабзон	1929	Чрезмерные региональные дожди	146 погибших, значительные участки дорог и мостов разрушены
Оползень Сера, Трабзон	21.02.1950	Продолжительные дожди и таяние снегов	Образование озера Сера. Оползень накрыл 11 домов, 14 табачных лавок и 1 мельницу
Оползень Пинарли, Хопа, Артвин	7.10.1986	Сильные ливни	8 погибших, 27 животных утонули в грязи, 3 дома занесены грязью, 35 га с/х угодий полностью вышли из строя
Оползень Чатак, Мачка, Трабзон	1988	Сильные ливни	63 погибших, разрушены 1 мотель, 1 строительная машина и 1 автобус.
Оползень Фиртина у с. Конаклар, Ардеженза, – Замлеихемджин, Ризе	11.10.2001	Чрезмерные региональные дожди	8 погибших, 2 безвести пропавших; 25 домов полностью разрушены, 392 здания частично повреждены, 155 км сельских дорог смыты грязью
Оползень Лиманкой у с. Зайели, Ризе	23.07.2002	Чрезмерные региональные дожди	2 погибших и 1 разрушенный дом
Оползни у с. Селамет Гинейсу, Ризе.	23.07.2002	Чрезмерные региональные дожди	17 погибших; 5 жилых домов, 1 магазин одежды и 2 автомашины завалены грязью

Особо стоит вопрос о методах защиты от оползневой опасности.

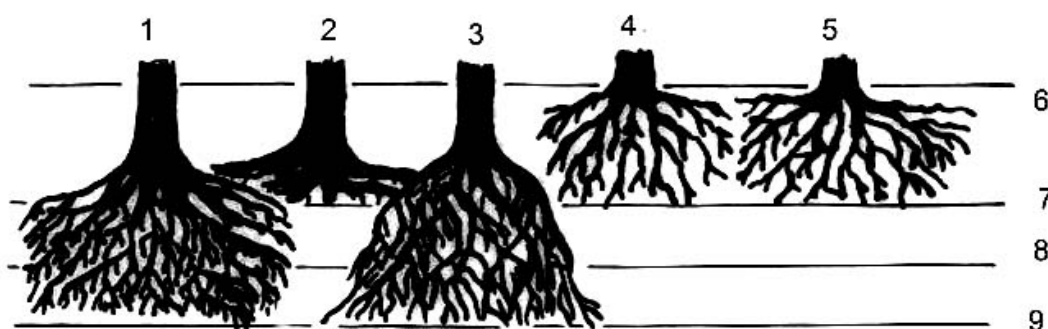


Рис. 13. Арматура из корневых систем деревьев:

1 – ива, 2 – ясень, 3 – ольха, 4 – клен, 5 – ель, 6-8 уровни стояния вод, 9 – тальвег реки

Одним из действенных видов защиты является проведение фитомелиорационной защиты склонов. Высаженные деревья создают своими корнями плотный каркас, препятствующий деформации склонов (см. рис. 13).

Необходимо отметить, что следует ожидать еще большего обострения обстановки и резкого обострения всей гаммы опасных геологических процессов [Выступление..., 2006; Глобальная экологическая перспектива...; Глобальный доклад...].

Литература

1. Алексеев Н. А. Стихийные явления в природе, Москва, 1998, 254 с.
2. Бердзенишвили Д., Джанелидзе Т., Цулукидзе И., Церетели Э. и др. Информационный бюллетень об изучении и прогнозировании экологического состояние подземных вод и опасных геологических процессов, Тбилиси: Гос. Департамент геологии Грузии, 2000, 346 с. (на грузинском языке).
3. Бондырев И. В., Вацадзе Д. В., Бочоришвили К. Н. и др. Борьба с опасными геодинамическими процессами в условиях горных стран. Тбилиси: Груз. НИИНТИ, 1990, 74 с.
4. Будагов Б. А., Бабаханов Н. Природные разрушительные явления и их экономические последствия (на примере Республики Азербайджан). В кн. «Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты», Москва, 2002, с. 168-178.
5. Будагов Б. А., Мамедов Р. М. Природные разрушительные явления и их экономические последствия (на примере Республики Азербайджан), В кн. «Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты», М.: Изд. НЦ ЭНАС, 2002, С. 168-178
6. Валесян Л. А. Экологические и социально-экономические последствия стихийных бедствий на территории Армении. В кн. «Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты». Москва, 2002, с.с. 190-197.
7. Выступление Генерального секретаря ООН на конференции ООН по изменению климата // <http://www.un.org/russian/basic/sg/messages/2006/climate>
8. Глобальная экологическая перспектива 3, глава «Стихийные бедствия» // www.grida.no/
9. Глобальный доклад ООН «Снижение риска катастроф – задача развития». Программа развития ООН, Бюро по предотвращению кризисов и восстановлению, 2004 // www.undp.org/bcpr/disred/rdr.htm

10. Мдинарадзе Л. А., Церетели Э. Д., Меликсед-бег Д. А. и др. Генеральная схема противозерозионных мероприятий на период 1981-2000 годы, Тбилиси: «Сабчота Сакартвело», 1988, 725 с.
11. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе (ред. Г. Сванидзе, Я. Цуцкиридзе), Л.: «Гидрометиздат», 1980, 278 с.
12. Осипов В. И. Природные катастрофы на рубеже XXI века. // Ж. «Геоэкология», 2001, №4, М., с.с. 293-309.
13. Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах (сб. трудов межд. конф.), Владикавказ-Москва: «Олимп», 2006, 271 с.
14. Сагателян А. К. Повышение степени риска в свете парагенических стихийных явлений, в кн. «Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты», Москва, 2002, с. 153-159.
15. Стихийные бедствия: изучение и методы борьбы (под ред. Г. Уайта), М.: Прогресс, 1978, 440 с.
16. Таташидзе З. К., Бондырев И. В., Церетели Э. Д. Тенденции активизации стихийных природных процессов в Грузии и причина их обострения, в кн. «Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты», М.: Изд. НЦ ЭНАС, 2002, стр. 142-152
17. Тихвинский И. О. Борьба с оползнями, обвалами и селями. в кн. «Теоретические основы инж. геологии – социально-экономические аспекты», М.: Недра, 1985, с. 178
18. Тринадцать процентов территории Азербайджана находится под угрозой стихийных бедствий // <http://www.travel.ru/news/2000/11/27/10577.html>
19. Церетели Э. Д. Природно-катастрофические явления и проблема устойчивого развития Грузии и приграничных территорий // Автореф. дис.... ученой степени доктора географ. наук, Тбилиси: ТГУ, 2003, 109 с.
20. Шеко А. И., Островский А. Б., Коробкина Н. С. Палеогеографические особенности формирования оползневых склонов Черноморского побережья Северо-западного Кавказа, в кн. «Проблемы геоморфологии и геологии Кавказа и Предкавказья», Краснодар: КГУ, 2001, с.с. 147-151
21. Bondyrev I. V., Tatashidze Z. K., Singh V. P., Tsereteli E. D., Yilmaz A. Impediments to the Sustainable Development of the Caucasus-Pontdes Region // «New Global Development» // Journal of International & Comparative Social Welfare, Twentieth Anniversary Special, 2004, v. XX, № 1, 33-48
22. The bulletin of average, extreme temperature and precipitation values. Ankara, 1984
23. Uzun A. Pýnarlý Landslide. //Bulletin of Geomorphology, v. 15, Ankara: 1987. P. 91-96
24. Uzun A. The Kop Mountain Landslide. Landslides Seventh International Conference and Field Workshop, A.A. Balkema / Rotterdam-Brookfield. 1993, p.p.299-304
25. Uzun A., Uzun S. Landslide problems in the coastal zone of the Eastern Black Sea Region, Turkey //Natural and Anthropogenic Catastrophes//Inter. Sci. Conf., <http://www.acnet.ge/catastrophes/index.html>, 2004, 29-39
26. Yilmaz A., Adamia Sh., Lasarashvili T., Tsereteli E. at al. Geological studies of the area along Turkish-Georgian border. Ankara: MTA, 2001, 388 p.

LANDSLIDES OF THE SOUTHERN CAUCASUS

© 2014 I.V. Bondyrev¹, Sc. Doctor (Geog.), E.D. Tsereteli¹, Sc. Doctor (Geog.),
Ali Uzun², Sc. Doctor (Geog.), prof., V.B. Zaalishvili³, Sc. Doctor
(Phys.-Math.), prof.

¹Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Institute of Geography named after Vakhushti, 1, Chavchavdze Ave., 0179 Tbilisi, Georgia; ²Samsun University, Turkey;

³Center of geophysical investigations of VSC of RAS and RNO-A, Russia, 362002, Vladikavkaz, Markov street, 93a, e-mail: cgi_ras@mail.ru

Disasters caused by landslide- gravitational processes took an important place among natural disasters. Landslide processes hazard appears not only in caused damage (over 200-500 mil. \$ USA annually) but also in their wide and practically general distribution.

Key words: landslides, landfalls, landslide gravitational processes.

**ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА
ЮГА РОССИИ
(№4. Том 2. 2014г.)**

Подписано в печать 20.11.2014 г. Формат 60×84 1/8.

Усл. печ. лист 14,6. 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.