

СЕКЦИЯ 3

**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

**ГИС-ПРОЕКТ «ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
РЕК ГЕНАЛДОН И ГИЗЕЛЬДОН ДО И ПОСЛЕ СХОДА
ЛЕДНИКА КОЛКА» И СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ПРИРОДООХРАННЫХ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ВЕДОМСТВ РСО-АЛАНИЯ**

Адцеев В. Г., Бекаури Н. Г.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

В основе данного ГИС-проекта лежит системное картографирование, т. е. рассмотрение бассейна рек Гизельдон и Геналдон как единой пространственно-территориальной системы (или комплекса) с последующим созданием серии оценочных карт территории бассейна в электронном варианте.

ГИС хранит информацию о тех или иных объектах в виде тематических слоев, которые объединены на основе их географического положения. Использование ГИС позволило визуально детально отобразить реальную обстановку в бассейне этих рек до и после схода ледника Колка в сентябре 2002 г.

В ГИС-проект заложены следующие исходные данные: топографическая основа, пространственное положение ряда элементов гидрографической сети рек Геналдон и Гизельдон, пункты (створы) наблюдений проводимого гидрохимического и гидробиологического мониторинга поверхностных водных объектов, точечные объекты техногенного воздействия на водные объекты, гидротехнические сооружения, селитебные территории, другая необходимая пространственная информация.

Анализ гидрохимического состояния рек Геналдон и Гизельдон за период, предшествовавший сходу ледника, и проводимый после него, позволил иметь в базах данных проекта следующую информацию:

- 1) сравнительную оценку изменения среднегодовых концентраций ингредиентов за текущий год по сравнению с предыдущими годами,
- 2) оценку изменения среднегодовых концентраций ингредиентов в заданном створе водотока по сравнению с вышерасположенными створами,
- 3) оценку степени нагрузки загрязняющими веществами водотоков в заданном бассейне реки,
- 4) оценку нагрузки загрязняющими веществами участков водотоков бассейна реки,

5) оценку динамики концентраций ингредиентов в контрольном створе за весь период наблюдений,

6) оценку динамики концентраций загрязняющих веществ вдоль заданного участка водотока,

7) комплексную оценку качества воды в контрольных створах водотоков.

Кроме этого в БД заложены: гидрологические параметры речной сети, сведения о существующих и потенциальных источниках загрязнения, результаты гидробиологических наблюдений состояния речной сети, и другие сведения.

В качестве дополнительного материала в ГИС-проект включены космо- и аэрофотоснимки территории района и, прежде всего, участков речной сети, тела ледового завала для анализа прохождения современных русловых процессов.

В дальнейшем, по мере развития проекта, в него как неотъемлемая составная часть должны будут быть интегрированы материалы по проведению работ по мониторингу подземных водных объектов, с картографическими и атрибутивными материалами, для изучения взаимодействия и взаимосвязи подземных и поверхностных водных объектов.

В результате обобщения и пространственного анализа указанной информации создана многослойная цифровая карта 1:100000, на которую нанесены все водные объекты бассейна рек Гизельдон и Геналдон в совокупности с элементами природного и антропогенного влияния, что позволит, в свою очередь, анализировать тенденцию количественного и качественного изменения водной среды за последние годы и прогнозировать ее дальнейшее состояние.

Проект ориентирован на последовательное пополнение как картографической, так и атрибутивной информацией. Предусмотрена также дальнейшая актуализация БД по мере поступления новых материалов в виде результатов аналитического контроля, цифрового фотографического материала, которые будут интегрированы в существующий проект. ГИС проект совместим с используемым в органах управления водного хозяйства Агентства водных ресурсов программным комплексом «Система поддержки принятия решений» (СППР), с подсистемами «Гидрохимия», «Подготовка ПДС вредных веществ».

Создание указанного ГИС-проекта позволит применить заложенные в нем решения для последующего его развития и расширения на всю речную сеть в пределах РСО-Алания, в том числе для использования в текущей работе природоохранных органов и организаций управления водохозяйственным комплексом РСО-Алания.

MONITORING OF SEISMIC TREMOR OF MUD VOLCANIC STRUCTURES: PRELIMINARY STUDY

Albarelo D., Ph.D.

(Department of Earth Sciences, University of Siena, Italy),

Martinelli G., Ph.D.

(Environmental Agency of the Emilia Romagna Region, Italy),

Panahi B., Doctor of geological and mineralogical sciences,

Aliyev Ch., Doctor of geological and mineralogical sciences
(Geology Institute, ANAS, Baku, Azerbaijan)

Mud volcanoes can be considered as the surface expression of deep seated reservoirs of confined fluids potentially sensitive to changes in the crustal volumetric strain field. Thus, one could suppose that changes in mud volcanoes activity could be representative of strain field variations induced by ongoing seismogenic processes.

The quantitative evaluation of mud volcanic activity is not an easy task. Actually, liquid and gaseous phases are present both during eruption and quiescent phases. Within the gaseous phases, methane emission is ubiquitous and represents one of the most abundant product of mud volcanoes emissions. Thus, the measure methane flow rate is an interesting candidate as an indicator of mud volcanoes activity.

The main purpose of the NATO-CLG program «Remote Sensing to Monitor Methane Emissions in Mud Volcanoes» (ref. Ref. 982053), is the estimate of methane emission from mud volcanoes by the use of remote sensing techniques aiming at the characterization of strain field changes at regional scale in Azerbaijan. To this purpose, a remote sensing technique is proposed. This technique is based on the green-house effect induced by methane emission which could be responsible of local increases of the soil temperature in the area where high concentration of methane emissions from sub soil exists. Such temperature increases in mud volcanic areas could be detected by a suitable analysis of satellite images and associated to changes in the activity of such structures.

At least in the first phase of the analysis, estimates provided by remote sensing should be compared with direct estimates at the ground level in order to validate the proposed approach. To this purpose, several common techniques can be applied, but they present the severe drawbacks. In fact, these techniques allow very precise point measurements of methane flow rates. However, mud volcanoes present a complex structure with a number of vents probably related to the same conduit at depth and whose relative importance

in the global discharge is not constant in time. Thus, point measurements carried on at any of these vents do not allow a correct evaluation of the global flow rates but in the case that the whole set of vents is actually monitored or that the relative role of each vent is evaluated. Both these possibilities will be evaluated in the frame of the project.

A different approach to the problem is also possible. The presence of low frequency acoustic emissions (tremor) related to volcanic activity is a well known phenomenon when «hot» magmatic structures are of concern. It is also well known that such emissions are directly linked to eruptions and in general to volcanic activity. Since a number of physical features are shared by mud volcanoes and such «hot» volcanoes (the role of gas/fluid interaction for instance) a possibility exists that also in the case of mud volcanoes, acoustic emissions can be used for monitoring the level of activity. In particular, bubbling represents a basic feature both of «hot» (magmatic) and «cold» (mud) volcanoes and represents one of the physical processes controlling eruptions. On the other hand, the elastic waves emissions (sonic and sub-sonic) of bubbles (during their collapse, formation and migration) represents a well known feature. Thus, one could expect that bubbling will result in detectable «tremor» in correspondence of active mud volcanoes. The possible dynamic link between acoustic (sonic and sub-sonic) emissions and bubbling could be also responsible of observed interrelation between seismic waves generated by remote earthquakes and volcanic eruptions both in the case of «hot» and «cold» volcanoes.

On this basis, the acoustic monitoring of mud volcanoes has been proposed in the frame of the project as a tool of potential interest for the monitoring of volcanic activity. The main advantage of such technique could rely on the fact that monitoring at one point could be representative of discharge processes in the conduit (at least in its shallowest part) where bubbling activity develops.

In order to preliminary measure mud volcanic tremor, a portable seismometer «Tromino» has been used. The instrument is an ultra-compact and ultra-light apparatus for high resolution digital seismic noise measurement.

In order to evaluate mud volcanoes activity, seismic ground noise has been monitored at five sites (Perikushkul, Shikhzarli, Demirchi, Dashgil, and Bahar). The basic idea is that mud volcanoes could produce a sort of «volcanic tremor» analogous to the one registered near «hot» volcanoes. In the case of «cold» volcanoes, the seismic signal could be associated to the production, displacement and annihilation of gaseous bubbles moving inside the volcanic structure as the effect of degassing activity. Measurements have been performed by using a new instrumental tool characterised by high sensitivity

and portability. Noise measures have been performed in the in the sub-sonic frequency range (0.1–64 Hz).

The very preliminary analysis of the measured signals has shown the presence of a significant noise («tremor») inside the crater of the volcanic structures, which is much higher than that registered outside of the crater. Furthermore, bubbling «salsa» seem to produce signals in the analysed frequency range that are markedly less intense than that relative to gryphons belonging to the same structure. The analysis of the registered noise in the time domain shows that a number of coherent «events» can be detected possibly associated to bubbling activity. The signal associated to these events appears quite different from that associated to local artificial sources (e. g., walking people).

In the lack of any precise physical model associating bubbling to the monitored mud volcanic «tremor» any interpretation of measured signals has to be considered only tentative. However, the results obtained appear interesting and encourage future studies.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ГЕОСФЕРЫ РЕГИОНА

Алборов И. Д., д. т. н.

(СОИЭБЖ, ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),

Бадтиев Ю. С., д. б. н.

(СКГМИ (ГТУ), Владикавказ, Россия),

Закс Т. В., к. м. н.

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),

Сосунова О. Д.

(СКГМИ (ГТУ), Владикавказ, Россия)

Горные объекты действуют на окружающую среду, на ее составляющие, атмосферу, гидросферу и литосферу, разрушают, деградируют и загрязняют природу, изменяют ее качественно, нарушая целостность и эколого-ресурсный потенциал естественных экосистем, поражая жизнепорождающие свойства биосферы [1, 2].

Воздействие объектов техносферы на природную среду, включая горнопромышленные предприятия, определяется интегральным влиянием на геосферы: атмосферу, гидросферу и литосферу и включает вредное воздействие на атмосферу, загрязнение водной среды и загрязнение почвы. Отдельно давать оценку влияния хозяйственного объекта на геосферу симптоматично, все сферы обитания взаимосвязаны и взаимосвя-

висимы. Для удобства качественной и количественной оценки составляющих воздействий объектов техносферы можно пользоваться нижеприведенными положениями и давать оценку интегральным показателям вредного воздействия любого рассматриваемого объекта по сумме вредных воздействий на окружающую среду.

Для определения суммарного вредного воздействия всех химических веществ, поступающих в геосферы от функционирования горно-промышленных объектов, введено понятие показатель вредного воздействия, физический смысл которого на атмосферу, гидросферу и литосферу сводится к установлению весовых объемов чистого воздуха, воды, почвы, необходимых для разбавления концентрации вредных веществ, выбрасываемых предприятиями в течение года в атмосферу или со сточными водами, или на литосферу до уровней концентраций, не превышающих ПДК.

Суммарный показатель вредного воздействия предприятия по выбросам в атмосферу, сбросам в водную среду и загрязнение почвы рассчитывается по формуле

$$П_{в.в. j} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{m_1}{ПДК_1} + \frac{m_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{m_n}{ПДК_n} \right), \quad (1)$$

где $m_1, m_2, \dots, m_n$ — количество вредных веществ, выбрасываемых предприятием в атмосферу, гидросферу и литосферу за год, т; $1, 2, \dots, n$ — разновидность выбрасываемых предприятием ингредиентов в атмосферу, гидросферу и литосферу; $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ — действующие предельно допустимые концентрации соответствующих ингредиентов в атмосферном воздухе населенных мест, в водных источниках и почве, мг/м³.

При загрязнении почвы различными компонентами, включая тяжелые металлы, относительное ее загрязнение определяется коэффициентом концентрации, равным отношению фактической концентрации примеси $K_{факт}$ (г/т) к фоновой концентрации того же ингредиента в почве $K_{фон}$ (г/т):

$$K_{к.к} = \frac{K_{i \text{ факт}}}{K_{i \text{ фон}}}. \quad (2)$$

Показатель загрязнения почвы Z_c определяется как сумма превышений коэффициентов концентраций по всем загрязняющим почву минералам:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_i - C_{i\phi}}{C_{i\phi}} + 1 = \sum K_{к.к.} - (n - 1), \quad (3)$$

где $K_{к.к}$ — коэффициент концентрации; n — число элементов, загрязняющих почву; C_i — содержание рассматриваемого ингредиента в почве, г/т; $C_{иф}$ — фоновое содержание ингредиента в почве, г/т.

Оценка воздействия объектов размещения отходов на окружающую среду

Отвалы вскрышных пород, хвостохранилища обогатительных производств и другие места размещения отходов являются мощным источником загрязнения окружающей среды. В настоящее время контроль за качеством окружающей среды в местах размещения таких отходов в России значительно отстает от контроля за процессом основного производства, где образуются отходы. Поэтому разработка механизма оценки воздействия отходов производства требует своего разрешения, поскольку объем выделений от них в окружающую среду — атмосферу, воду и литосферу весьма значителен. Для решения вопросов, связанных с контролем за качеством окружающей среды в местах размещения отходов, необходима разработка методик исследования объектов их размещения и воздействия на окружающую среду.

Контроль за миграцией загрязняющих компонентов от конкретного хранилища отходов осложнен тем, что в реальных условиях на каждом исследуемом участке приходится иметь дело со многими или несколькими видами твердых, жидких и газообразных эмиссий разного рода нерегулярно изменяющегося состава. Активность перехода загрязняющих компонентов в геосферу зависит от многих факторов: климатических, метеорологических, физико-химических свойств составляющих отходов, индивидуальной и кооперативной активности токсических веществ и т. д.

Комплексную оценку воздействия объектов размещения отходов на окружающую среду следует вести через коэффициент экологического воздействия (КЭВ) атмосферного воздуха, водной среды и почвы на участках размещения отходов.

Все виды контроля среды обитания осуществляются аналитическим методом по определению выбросов загрязняющих веществ, по результатам гидрогеологических режимных наблюдений и на основе санитарно-гигиенических методик, соответственно, воздуха, воды, почвы.

Расчет частных коэффициентов по отношению к каждой из природных сред (атмосфера, гидросфера, литосфера) основан на сравнении фактических концентраций ингредиентов, обладающих ярко выраженным токсическим действием в данном месте размещения отходов, с соответствующими пороговыми уровнями (ПДК, ПДС, ПДВ), а в случае

отсутствия нормативных значений — со средним фоновым содержанием загрязняющих веществ.

При рассмотрении одного источника загрязнения, у которого на протяжении определенного времени коэффициенты распространения загрязняющих веществ условно постоянны, для расчета каждого частного КЭВ применимо выражение

$$K = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{i\text{ПДК}}}}, \quad (4)$$

где $\frac{C_i}{C_{i\text{ПДК}}}$ — максимально установленная кратность превышения предельно допустимой концентрации вещества.

Если какие-то вещества обладают эффектом суммации, то следует брать не средние превышения ПДК, а суммарный эффект:

$$j = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n}, \quad (5)$$

где $C_1, C_2, \dots, C_n$ — фактические концентрации веществ, мг/м³; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ — максимально разовые предельно допустимые концентрации для этих веществ, мг/м³.

Из формулы 4 видно, что чем меньше коэффициент экологического воздействия, тем больше отрицательное воздействие на окружающую среду полигона отходов.

Коэффициент экологического воздействия объекта размещения отходов определяется по сумме частных коэффициентов КЭВ по средам обитания: атмосфере ($K_{\text{атм}}$), литосфере ($K_{\text{лит}}$), водной среде ($K_{\text{вод}}$).

$$K = a K_{\text{атм}} + b K_{\text{лит}} + c K_{\text{вод}}, \quad (6)$$

где a, b, c — коэффициенты, определяемые относительным преобладанием распространения загрязненности в зависимости от ландшафта и свойств вредных веществ.

Сопоставление коэффициентов экологического воздействия компонентов полигонов или накопителей позволяет получить в одинаковых единицах сравнительную картину воздействия на экологическую ситуацию и определить приоритеты при разработке природоохранных мероприятий для ликвидации или минимизации этого воздействия.

Литература

1. Комплексный экологический мониторинг экосистемы «Горная долина» (на примере долины р. Фиагдон). Отчет по НИР ГУП УНПЦ «Экология». Кн.1.—Владикавказ, 1993.—139 с.

2. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых горнодобывающих предприятий.—ММГРЭ, 1986.—100 с.
3. Чаплыгин Н. Н., Папичев В. И., Близнюк Г. И., Прошляков А. А., Столяров Д. О. Новые методы в оценке воздействия горного производства на окружающую среду // Горные науки на рубеже XXI в.—М., 1998.—С. 468–477.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Алборов И. Д., д. т. н.

(СОИЭБЖ, ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),

Закс Т. В., к. м. н.

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),

Тедеева Ф. Г., к. т. н., **Сосунова О. Д.**

(СКГМИ (ГТУ), Владикавказ, Россия)

Удельные показатели являются мощным инструментом при технико-экологическом анализе различных видов деятельности. Они широко используются при оценке уровня совершенства различной выпускаемой продукции, применяемых технологий.

Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ на единицу продукции первоначально нашли применение в работах по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

По уровню прогрессивности технологических процессов для удобства оценки экологичности технологий величины удельных выбросов загрязняющих веществ следует подразделять на три типа: фактические, проектные и минимально достижимые. Под фактическими удельными величинами выбросов понимаются реальные выбросы загрязняющих веществ от действующих источников загрязнения атмосферы, отнесенные к единице товарной продукции предприятия по данным физико-химических методов анализа. Проектные предельные выбросы — это величины удельных выбросов, рассчитанные теоретическим или расчетно-аналитическим методом на основе исходных данных технологического регламента и технических характеристик пылегазоочистных установок с учетом внедрения плановых организационно-технических мероприятий по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Минимально достижимые удельные выбросы рассчитываются с учетом лучших достижений отечественных и зарубежных предприятий в технологии производства и пылегазоочистительного оборудования.

Для оценки экологичности технологий необходимо значительно расширить номенклатуру технических нормативов выделений (выбросов) или ТНВ загрязняющих веществ в атмосферу. В первую очередь это должно касаться основных загрязнителей и стойких органических загрязнителей (таких как диоксид серы, оксиды азота, летучие органические соединения (ЛОС), тяжелее канцерогены, диоксины), по которым разработаны протоколы в рамках конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния.

Для действующих и разрабатываемых в данной работе экологичных технологий проведена оценка ее соответствия передовому научно-техническому уровню как для действующего, так и для предлагаемого. В качестве исходной можно предложить классификацию соответствия научно-технического уровня передовому для конкретного производства, технологического процесса, оборудования с выделением следующих категорий:

- 0 – недопустимо низкий уровень;
- 1 – ниже среднего допустимого уровня в отрасли;
- 2 – средний допустимый уровень в отрасли;
- 3 – передовой достигнутый уровень в стране;
- 4 – выше передового достигнутого уровня в отрасли (устанавливается для проектируемых объектов);
- 5 – выше передового достигнутого уровня в стране (для действующих объектов);
- 6 – выше передового достигнутого уровня в стране (устанавливается для проектируемых объектов);
- 7 – передовой уровень в мире;
- 8 – выше достигнутого передового уровня в мире (устанавливается для проектируемых объектов).

К категории «0» относятся объекты, недопустимые для нового строительства, подлежащие скорейшему изъятию, закрытию, перепрофилированию. Существенное внимание надо уделять оценке экологичности используемого сырья, полупродуктов, продукции и отходов производства. Для этого необходимо проведение работ по классификации видов сырья (топлива и др.), продукции, а также отходов производства, которые:

- являются загрязняющими веществами, в процессе производства или сохранения постоянно или при определенных условиях попадающими в атмосферу;
- содержат в виде примесей загрязняющие вещества, выделяющиеся при производственных процессах или при хранении;
- содержат в виде примесей вещества, переходящие в загрязняю-

щие вещества при технологических процессах, в том числе при сгорании топлива, горючего, агломерации руд, при длительном хранении и т. п.

Основными показателями, характеризующими экологичность технологии используемого оборудования, являются технические нормативы, определяемые как норматив (масса вещества), устанавливаемый для стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферы и оборудования в соответствии с современными технологическими достижениями в расчете на единицу материальных показателей, характеризующих эти объекты.

Удельные технические нормативы включают две группы показателей:

– удельные величины загрязняющих веществ (UTH_1) — количество (масса) данного вещества, выделяющегося от соответствующего оборудования (отделения, передела, участка, блока, забоя и т. п.) в ходе технологического процесса, отнесенное к единице материального показателя, характеризующего этот процесс;

– удельные величины выбросов загрязняющих веществ (UTH_2) — часть удельного выделения, попадающая непосредственно в атмосферный воздух, UTH_2 равны разности UTH_1 и его уловленной части.

Для источников, не оснащенных пылегазоочистным, пылеподавляющим средствами

$$UTH_1 = UTH_2, \quad (1)$$

а при использовании пылегазоподавляющих средств удельное количество уловленных загрязняющих веществ составляет ΔUTH и определяется по формуле

$$\Delta UTH = UTH_1 - UTH_2, \quad (2)$$

где UTH_1 — удельные пылегазовые выделения от соответствующего процесса участка и т. п.; UTH_2 — удельные пылегазовые выделения, попадающие непосредственно в атмосферный воздух.

Суммарные пылегазовыделения от объекта загрязнения в окружающую среду определяются по формуле:

$$\sum_1^n UTH_n = \sum_1^n Y_1 TH_1 + \sum_1^i Y_2 TH_2 + \dots + \sum_1^k Y_n TH_n, \quad (3)$$

где $\sum_1^n UTH_n$ — суммарные пылегазовыделения в ходе однотипного технологического процесса, отнесенные к единице материального показателя, характеризующего этот процесс; 1, 2, ..., n — виды однотипных технологических процессов, отнесенные к единице материального показателя, кг/т; 1, 2, ..., i — то же, отнесенные к единице материального показателя, т/м³; 1, 2, ..., k — то же, отнесенные к единице материального показателя (станок, автомобиль).

Модель управления экосистемой исследуется применительно к основным разделам деятельности предприятий: экономическому, социальному, экологическому, финансовому и др. (рис. 1).



Рис. 1. Структурная модель управления экосистемами.

ПРОГНОЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМУ

Алборов И. Д., д. т. н.

(СОИЭБЖ, ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),

Тедеева Ф. Г., к. т. н., **Бадтиев Ю. С.**, д. б. н.

(СКГМИ (ГТУ), Владикавказ, Россия),

Закс Т. В., к. м. н.

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

В целях экологической оценки района функционирования природно-технической системы окружающая среда–инфраструктура–горные разработки–социум эффективным методом является специализированная геоэкологическая съемка. Однако проверить такие съемки в объемах, необходимых для статистически достоверных баз данных в сложившихся экономических условиях, не представляется возможным. Другой путь — моделирование. При этом наиболее важно принять такой методический прием, который позволит при ограниченном натурном материале получить адекватную оценку состояния окружающей среды.

Специфической характеристикой горных экосистем является их замкнутость, изоляция при сильно расчлененном рельефе и пониженное барометрическое давление атмосферы. Воздушные и водные потоки, твердый сток и гравитационные структурные аномалии направлены внутрь системы, наиболее пониженные участки рельефа, долины ущелий, где аккумулируются водные, твердые потоки, и в значительной степени регулируются воздушные локальные течения, соответствуют в общем виде гидросети. В свою очередь, водотоки представляют собой дендрированную (разветвленную многопорядковую) систему, в которой весь сток в конечном итоге интегрируется в стволовой структуре — главной речной долине. Отслеживая снизу вверх по течению основных рек (Ардон, Фиагдон, Баксан, Уруп, Джоджора, Терек) вариации содержания вещества-загрязнителя, можно дойти в каждом из приведенных водоемов до притока, выше устья которого в основной реке содержание повышается до фонового или выше. В большинстве случаев это означает, что загрязнение приносится потоком по водотоку второго разряда — притоку [1]. Далее прослеживается содержание этого же вещества вверх по притоку, вплоть до места его резкого понижения, соответствующего устью притока III порядка — шахтных и других стоков. На рис. 1 приведена схематическая план-схема гидросети I–III порядка.

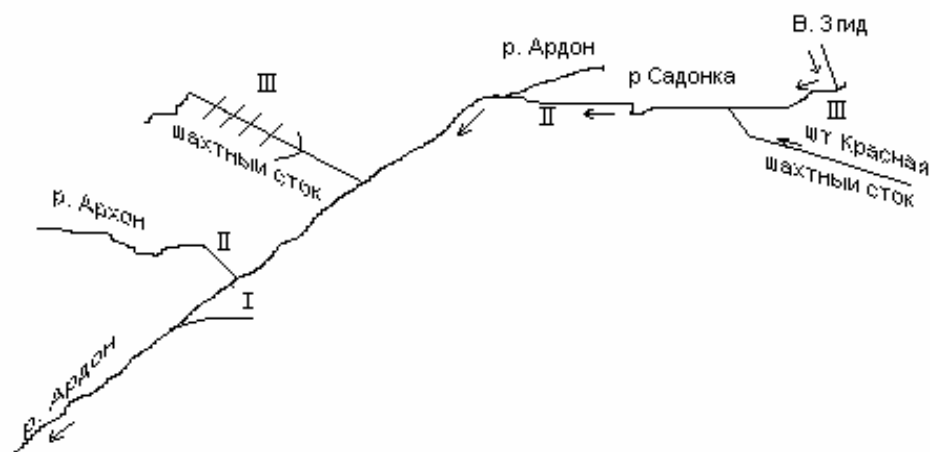


Рис. 1. План-схема гидросети (р. Ардон) I-III порядка.

Из рис. 1 видно, что гидросеть р. Ардон пополняется загрязненными шахтными стоками, вытекающими из штолен действующих или заброшенных рудников.

Широкомасштабное опробование донных отложений обеспечивает оперативную разбраковку элементов гидросети на загрязненные и фоновые. При такой технологии обработки информационных данных в дальнейшем, при отсутствии существенных изменений в распределении техногенной нагрузки на гидросферу, фоновые участки можно исключить из исследований, во много раз сокращая их объем.

Установив сеть опорных станций мониторинга, можно, иметь данные распределения загрязняющих веществ, адекватно отражающие уровень и характер химических загрязнений водных потоков любой долины и территорий горной экосистемы Большого Кавказа. Эти станции будут располагаться в устьях потоков разных порядков, в долинах которых имеются источники соответствующего загрязнения [2–4].

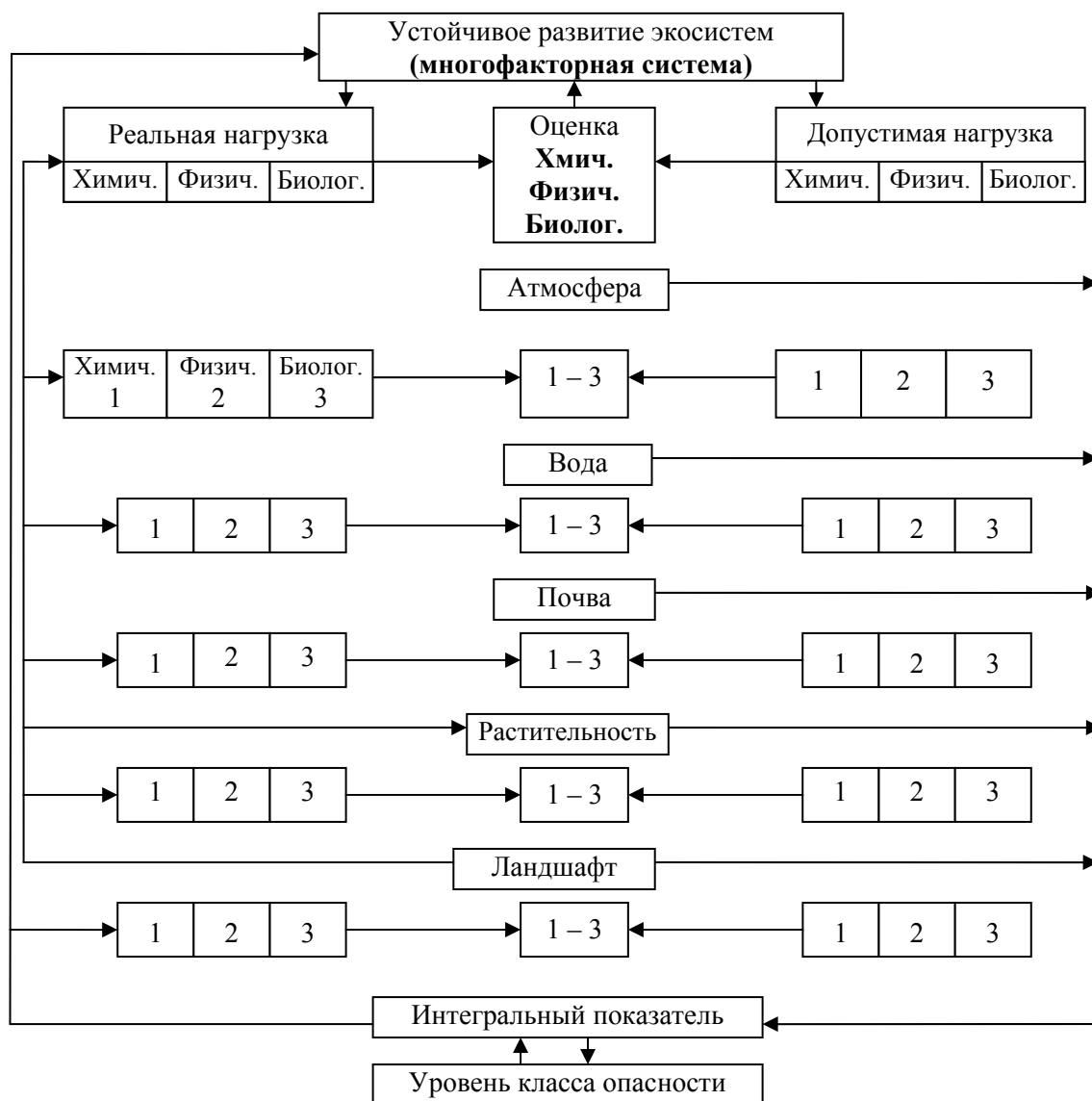
Переход от концептуального моделирования к формализованной автоматизированной модели связан с накоплением значительного объема количественной информации и систематизации приведенных ранее объектов, содержания наблюдений, включения в модель элементов изучения воздушного бассейна, материалов сети гидрохимического опробования и биологических исследований почв и растительности. Предложена новая форма по выбору и подбору критериев оценки состояния окружающей среды, параметров допустимых и нормированных нагрузок на объекты экосистемы, особенно при отсутствии разработанных ПДК. Суммарная экологическая нагрузка на природную среду горного региона

$$\mathcal{E}_H = f\left(\sum_{H=1}^n X_H \sum_{H=1}^n \Phi_H \sum_{H=1}^n B_H\right), \quad (1)$$

где $\sum_{H=1}^n X_H$, $\sum_{H=1}^n \Phi_H$, $\sum_{H=1}^n B_H$ — показатели, характеризующие химические, физические и биологические отклонения в окружающей среде, связанные с деятельностью природно-технической системы (горно-промышленного комплекса), у.е.; $\sum_{H=1}^n X_H - X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ — параметры химических элементов и явлений, влияющих на загрязнение и разрушение окружающей среды (по данным геохимического апробирования почв), у.е.; $\sum_{H=1}^n \Phi_H - \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_n$ — параметры физических процессов, связанных с деятельностью горно-промышленного комплекса, они включают шумовое, вибрационное, магнитное, тепловое и другие формы воздействия на окружающую среду, у.е.; $\sum_{H=1}^n B_H - B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$ — показатели неестественных биологических процессов, вызванных деятельностью горно-промышленного комплекса в данном регионе, у.е.

Частные модели разрабатываются для каждого элемента горного объекта: при сходстве параметров в последующем аналогичные объекты могут объединяться.

Общая модель устойчивого развития экосистемы включает формы негативного воздействия рассматриваемого объекта на гидро-, метро-, атмосферу, а через частные показатели — на интегральную экологическую оценку эффективности природопользования. Экологическая нагрузка на природно-техногенную систему окружающая среда–инфраструктура–горные разработки–социум определяется по формуле 1 и сравнивается с нормативной (при ее наличии), а при ее отсутствии сравнение ведется по сохранности основных свойств биосферы (саморегулирования и самоочищения) и допустимости интенсификации хозяйственной деятельности или ее ослабления в регионе. При функционировании природно-технической системы уровень ее воздействия на отдельные составляющие биосферы зависит от интегрального показателя всей системы. При выходе какого-либо параметра за пределы допустимого уровня необходимо использовать эффективные средства нейтрализации или уменьшения действия возмущающего фактора для восстановления нормального функционирования.



Блок-схема модели горно-промышленного региона.

Литература

1. Оценка эколого-геохимической обстановки в районе деятельности Садонского свинцово-цинкового комбината. Отчет МГУ за 1990–1991 гг.—Москва.—120 с.
2. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых горно-добывающих предприятий.—ММГРЭ, 1986.—100 с.
3. Чаплыгин Н. Н., Папичев В. И., Близнюк Г. И., Прошляков А. А., Столяров Д. О. Новые методы в оценке воздействия горного производства на окружающую среду // Горные науки на рубеже XXI в.—М., 1998.—С. 468–477.
4. Чаплыгин Н. Н., Папичев В. И. Горная экология в исследованиях ИПКОН РАН // Горный вестник.—1997.—№ 5.—С. 86–92.

К МЕТОДИКЕ ДИАГНОСТИКИ ХАРАКТЕРА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИЧИН КАТАСТРОФЫ НА ЛЕДНИКЕ КОЛКА 2002 г.

Бергер М. Г., д. г.-м. н.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Решение диагностических (идентификационных) и генетических проблем — исключительно распространенная и исключительно важная задача в науках о Земле, в естествознании в целом и вообще в науке, имеющая чрезвычайно большое практическое значение.

Вместе с тем, правильное и доказательное решение этой задачи часто оказывается весьма непростым делом. Успех здесь зависит от количества и характера имеющихся фактов, степени (полноты) их учета, правильности их интерпретации.

Огромное, определяющее значение в решении этой задачи, безусловно, имеют методические подходы, пути, используемые при ее решении. Достаточное понимание этого, к сожалению, имеет место далеко не всегда.

И хотя все исследования катастрофы на леднике Колка объединены одной общей основной целью — стремлением раскрыть природу этой катастрофы, необходимо признать, что отнюдь не все пути ведут к достижению этой цели.

Диапазон высказанных в печати предположений о причинах катастрофы на леднике Колка огромен — от столкновения литосферных плит и специфики состояния вещества мантии Земли до влияния космических и антропогенных факторов, изменения солнечной активности, глобального потепления, погодных условий незадолго до катастрофы и даже техногенных событий на Аляске и в Гренландии, киносьемок в Геналдонском ущелье и боевых действий в соседних ущельях.

Совершенно ясно, что должны существовать (и выполняться) какие-то общие научные требования, которым должны удовлетворять научные гипотезы, методы построения таких гипотез и критерии их проверки и оценки, общие научные принципы и методы решения подобных проблем, определяющие (и ограничивающие) пути их научного решения.

Важнейшим исходным методическим моментом в исследовании катастрофы на леднике Колка является необходимость сначала определить, что произошло на леднике 20 сентября 2002 г. в 20 часов 08 минут, установить (диагностировать) характер (геодинамический тип) проис-

шедшего на леднике катастрофического природного явления. (При этом нередко используемые в литературе определения типа «сход ледника», его «эрозия», «коллапс» и т. п. в силу их многозначности совершенно недостаточны.) И только потом, с учетом этого, можно перейти к объяснению этого явления, к определению причин катастрофы, причем, как справедливо указывают известные специалисты в области логики и методологии научных исследований Е. К. Войшвилло и М. Г. Дегтярев, «наиболее важной частью объяснения явления выступает не указание причины самой по себе, а раскрытие механизма ее действия».

При этом, учитывая характер некоторых проводимых исследований и существующих предположительных объяснений причин катастрофы на леднике Колка, необходимо иметь в виду также, что, как отмечали еще А. Арно и П. Николь, отдаленные причины ничего не доказывают и не являются причинами.

В исследовании катастрофы на леднике Колка проявилось немало и других негативных моментов методического и методологического характера. Некоторые из них были показаны автором в предшествующих публикациях.

Основными требованиями и критериями оценки истинности диагностики (идентификации) характера и определения причин катастрофы на леднике Колка являются их соответствие особенностям этой катастрофы и возможности объяснения на их основе этих особенностей.

При этом имеются в виду абсолютно все особенности (признаки) катастрофы, каждая из них.

Только высказанное автором в печати еще в 2003 г. заключение о газодинамической природе катастрофы на леднике Колка удовлетворяет этим требованиям и критериям.

ОСНОВНЫЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ТЕРРИГЕННОЙ МИНЕРАЛОГИИ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЙ

Бергер М. Г., д. г.-м. н.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Исходным эмпирическим базисом любых геологических заключений является геологическая летопись, содержащая информацию о возрасте, пространственном положении и вещественном составе геологических образований, наблюдаемых на поверхности или вскрытых бурени-

ем или горными выработками. При этом информация о вещественном составе геологических образований может быть представлена сведениями различного уровня — формационного, литолого-петрографического, минералогического и геохимического.

Минералогическая характеристика терригенных осадочных образований требует, однако, четкого разграничения и отдельного учета сведений о присутствующих в осадочных толщах первичных, собственно терригенных минералах (именуемых также обломочными, кластическими, детритовыми) и не-терригенных, вторичных минералах. Возникновение и накопление в отложениях этих генетически глубоко различных групп минералов обусловлено совершенно различными геологическими процессами. Соответственно, видовой состав этих минералов, их количественное содержание и характерные (типоморфные) особенности несут совершенно различную геологическую информацию.

Обычно считается, что терригенные минералы несут информацию лишь об их источниках.

Важнейшим прикладным аспектом решения этой задачи являются поиски россыпных и коренных месторождений полезных ископаемых.

В действительности, однако, существующие методы определения источников терригенных минералов весьма несовершенны, недостаточно обоснованны и во многих случаях неэффективны.

С другой стороны, изучение терригенных минералов позволяет получить во многих отношениях важную информацию не только об их источниках, но и о предшествовавших осадконакоплению условиям (тектонических, геоморфологических, климатических), гидроаэродинамических условиях осадконакопления, а также постседиментационном преобразовании обломочного вещества.

Для успешного решения всех этих вопросов по терригенным минералам требуется, однако, существенное совершенствование терригенно-минералогических методов, предполагающее разработку обоснованных эффективных критериев решения широкого круга геологических задач по терригенным минералам, особенно по результатам количественного минералогического анализа терригенных компонентов легких и тяжелых фракций отложений.

В основе такого совершенствования должен лежать, прежде всего, глубокий учет проявляющихся в ходе осадочного процесса (седиментологических) свойств каждого терригенного минерала.

Важнейшими, основными из этих свойств являются химическая и гидроаэродинамическая устойчивость минералов. Именно эта информа-

ция должна составлять основу геоинформационной системы в области терригенной минералогии и ее приложений.

Автором предложена обобщенная 25-клеточная седиментологическая система терригенных минералов, основанная на имеющихся многочисленных данных об их химической и гидроаэродинамической устойчивости.

Использование такой системы позволило обосновать терригенно-минералогические показатели (критерии) эффективного решения петрофондовых, тектоно-геоморфологических, палеоклиматических, фациально-динамических, постседиментационных, а также корреляционно-стратиграфических вопросов.

При этом заключения, основанные на использовании терригенно-минералогических методов, всегда носят вероятностно-статистический характер, что определяется, прежде всего, особенностями распределения терригенных минералов в отложениях и характером геологических процессов, определяющих эти особенности.

ВЛИЯНИЕ ЭКОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Бериев О. Г., д. м. н.,

Закс Т. В., к. м. н.

(ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Целью работы являлось изучение показателей экогеофизических факторов окружающей среды и здоровья населения города Владикавказа. В ходе исследования были изучены показатели здоровья взрослого и детского населения города Владикавказа за последние три года (2005–2007 гг.), а также в 126 точках города произведены замеры уровней шума, гамма-излучения, электрических и магнитных полей.

Для определения уровня шумового загрязнения были произведены замеры в 126 точках города посредством измерителя шума и вибрации ВШВ-003. Замеры производились в рамках пятиминутного интервала с занесением в таблицу минимальных и максимальных показателей с 10.00 до 15.00 часов. Более высокие показатели шума отмечены на магистральных улицах и местах их пересечения. Разброс показателей составил от 53 до 108 дБА. Наименьшие показатели минимальных и максимальных величин уровня шума зафиксированы на территории поликли-

ники № 7, 79 и 82,4 дБА соответственно, хотя и эти показатели выше допустимых уровней шума. На территории других поликлиник и города в целом эти показатели еще выше. Если взять общее количество исследований за 100%, то в 79,3% случаев уровень шума превышал допустимый уровень в 70 дБА. Таким образом, население города Владикавказа значительный временной отрезок суток подвергается шумовому воздействию, превышающему допустимый уровень, что может негативно влиять на здоровье горожан.

Замеры уровня гамма-излучения также были произведены в 126 точках города с помощью прибора дозиметр гамма-излучения ДБГА-ОЧА. Показатели колебались в интервале 0,05–0,18 мкЗв/час при допустимых значениях 0,33 мкЗв/час. Наименьший показатель уровня гамма-излучения составил в районе обслуживания поликлиники № 7 0,09 мкЗв/час, а по городу 0,11 мкЗв/час. Таким образом, население города Владикавказа подвергается воздействию гамма-излучения в пределах 0,05–0,18 мкЗв/час при средней величине 0,11 мкЗв/час, что ниже предельно допустимого уровня.

Для изучения электрических и магнитных полей также в 126 точках города приборами: измеритель электрического поля ИЭП-05 и измеритель магнитного поля ИМП 05/1, 05/2 были проведены замеры этих величин. Показатели параметров электрических полей колебались в интервале от 190 до 400 (В/м) 2 ч при допустимом уровне 800 (В/м) 2 ч, а магнитных полей в интервале от 0,2 до 0,7 (А/м) 2 ч при допустимом значении 0,72 (А/м) 2 ч. Средние показатели параметров электрических и магнитных полей составили по городу 9,57 (В/м) 2 ч и 0,23 (А/м) 2 ч соответственно, что также не превышает предельно допустимых уровней. Вместе с тем следует отметить, что на окраинах города, в точках, прилегающих к линиям электропередач, а также в самом городе на улицах с трамвайным и троллейбусным движением, отмечается значительное по сравнению с другими точками увеличение этих показателей.

Для изучения состояния здоровья взрослого и детского населения города Владикавказа были проанализированы годовые отчетные данные формы № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения» взрослых и детских городских поликлиник, за период 2005–2007 гг.

Результаты проведения исследования влияния экогеофизических факторов на состояние здоровья населения города Владикавказа показывают, что население города на различных участках города в разной степени подвергается воздействию негативных факторов внешней среды, а среди показателей заболеваемости отмечены рост новообразований,

врожденных аномалий, болезней крови и кроветворных органов, различных органов и систем человеческого организма.

Согласно результатам предварительного анализа полученных данных можно полагать, что экогеофизические факторы окружающей среды могут негативно влиять на показатели заболеваемости населения города Владикавказа. Этот вывод находится в полном соответствии с известными литературными данными.

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

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА И БИОПОЗИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Бондырев И. В., д. г. н.
(ИГ, Тбилиси, Грузия)

Вопрос о сбалансированном развитии отдельных регионов Кавказа представляет собой на современном этапе насущную, и, наверное, безальтернативную задачу. При этом следует отметить, что концепция «устойчивого развития», принятая ООН в качестве рабочей модели, не может считаться синонимом состояния покоя и не изменчивости геосистем. Устойчивость здесь больше схожа с устойчивостью маятника, колебания которого хотя и имеют определенный размах, но, в обычном состоянии, не выходят за пределы своей амплитуды. Так, сбалансированное развитие общества и окружающей среды всегда происходит в условиях некой нестабильности, которая и является основой их эволюции. Главная задача формирования концепции сбалансированного развития заключается в определении тех параметров нестабильности, за пределами которых устойчивость геосистемы нарушается, и начинают проявляться необратимые катастрофические явления, как природной среды, так и общества.

Что же предлагают для решения этой проблемы? Рассмотрим несколько разработок: глобальную и региональную.

Проведение в 1972 г. в Стокгольме, Конференции ООН по окружающей среде и создание Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) было вынужденным шагом со стороны международного сообщества, так как проблема экологии встала настолько остро, что стала сдерживать социально-экономическое развитие и от этого некуда было деваться. Затем, в 80-х гг. начала разрабатываться «Всемирная стратегия охраны природы», вторая редакция которой вышла уже в 1991 г. В ней говорится, что развитие должно базироваться на сохранении живой природы, защите структуры, функций и разнообразия природных систем Земли, от которых зависят биологические виды. Для этого необходимо: сохранять системы поддержки жизни (жизнеобеспечения), сохранять биоразнообразие и обеспечить устойчивое использование возобновляемых ресурсов. Впервые проблема экологии стала составной частью национальной и глобальной безопасности. При этом, само понятие «Устойчивое развитие» интерпретировалось, как: *«...процесс изменений, в котором эксплуатация ресурсов, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений, т. е. для обеспечения неубывающего во времени, от поколения к поколению, качества жизни людей и природного капитала»* [7].

При этом, концепция устойчивого развития не является монолитной, а состоит из трех основных подходов — экономического, социального и экологического. Наиболее слабо, на сегодняшний день разработан, как это ни странно, экономический подход. Он основан на теории максимального потока совокупного дохода Хикса — Линдаля, который может быть произведен при условии, по крайней мере, сохранения совокупного капитала, с помощью которого и производится этот доход. Если говорить проще, то он подразумевает оптимальное использование ограниченных ресурсов и использование экологичных технологий. Однако, вопросов о том, какой именно капитал должен сохраняться (физический, природный или человеческий) и в какой мере различные виды капитала взаимозамещаемы, а также определении их стоимости, особенно экологических ресурсов. Тут возникает столько проблем, что ситуация становится тупиковой. Начали говорить о существовании двух видов устойчивости капитала: слабой (стабильном во времени природном и, произведенном капитале) и сильной (неуменьшающийся природный капитал, при выделении части прибыли на увеличение ценности возобновляемого природного капитала) [7].

Социальный подход направлен на сохранение стабильности социальных и культурных систем, в том числе, на сокращение вооруженных конфликтов. Особо отмечается, что для достижения этой цели необходимо создать более эффективную систему принятия решений, учитывающую исторический опыт и поощряющую плюрализм. Самое главное, это достигнуть справедливости не только для этого поколения, но для будущих.

Экологический подход должен обеспечивать целостность биологических и физических природных систем, и в первую очередь, жизнеспособность экосистем.

Согласование этих подходов и их направление в русло конкретных мероприятий — *«...задача огромной сложности, поскольку все три элемента устойчивого развития должны рассматриваться сбалансированно. Важны также и механизмы взаимодействия этих трех концепций»* [3].

Определенный интерес вызывает разработка «Экологических принципов управления региональной экономикой» разработанная для Ставропольского края РФ (Северо-Западный Кавказ). В этой разработке было предложено 6 принципов устойчивого регионального развития.

1. Установление предельно допустимых объемов загрязнения конкретных территорий;

2. Установление предельно допустимых нагрузок на природную среду и постоянный контроль за их динамикой;

3. Наращивание производства товаров и услуг должно происходить лишь при условии соблюдения двух первых принципов или даже снижения антропогенной нагрузки (загрязнители, шумы и т. д.);

4. При принятии конкретных решений о росте предприятия, следует применять новые ресурсо- и энергосберегающие, малоотходные или полностью безотходные технологии, как в хозяйственной практике, так и в быту;

5. Необходимость выполнения условий роста и диверсификации производства, а именно: уже существующее предприятие может быть расширено или диверсифицировано, а новое создано лишь при условии, что общее количество вредного воздействия на природную среду и человека, от всех источников будет снижено (в том числе, за счет новых технологий и очистки выбросов и сбросов);

6. Поскольку повышение качества жизни предполагает рост валового регионального продукта (ВРП), то необходимо контролировать показатели удельных сбросов и выбросов на душу населения региона, используя их в качестве основного критерия управления устойчивым развитием региональной политики [8].

Здесь следует лишь отметить, что данная разработка несомненно интересна, но она затрагивает крайне ограниченную сферу производственной деятельности, не затрагивая характера других связей между человеком и окружающей средой (сельскохозяйственные, рекреационные, транспортные и т. д.).

Но, пожалуй, лучше всего определил современное состояние человечества С. Забелин (1998): « ...*кризис нынешней цивилизации — это кризис скотского существования сообщества разумных людей*».

Все это лишний раз свидетельствует, что проблема сохранения биоразнообразия органического мира нашей планеты является одним из важных вопросов охраны окружающей среды и устойчивого развития. Своеобразие природной среды Кавказского региона заключается в том, что здесь как бы сжались до предела пространство и время, обуславливая существование на сравнительно небольшой территории необычайно пестрой мозаики ландшафтов, значительного видового разнообразия животного и растительного мира, что представляет собой резервный запас прочности местных экосистем, на случай непредвиденных катастрофических явлений. Этот регион еще недавно резко выделялся на общем фоне трансформированных ландшафтов современной цивилизации. Однако, последняя четверть XX — начало XXI вв. характеризуется катастрофической деградацией природных экосистем исследуемой территории их заменой природно-антропогенными или же полностью преобразованными ландшафтами. Следует также учитывать, что горные экосистемы региона испытывают жесточайший прессинг экзогенной геодинамики, усиленной наложением антропогенного фактора. Этот процесс наблюдается повсеместно, хотя развивается с неравномерной скоростью. В горах он замедлен, а местами даже незаметен, но в предгорьях и на равнинах принимает необратимый характер. В значительной степени процесс деградации природных экосистем (ландшафтов) обусловлен хозяйственной (или вернее сказать — бесхозяйственной) деятельностью человека. Однако, в последние десятилетия резко возросла роль таких кризисных явлений, как вооруженные конфликты, локальные войны и т. д., экологический ущерб, от которых достигает фантастических цифр в миллиарды долларов, а их последствия приводят к полной деградации всех экосистем, как районов этих конфликтов, так и окружающих территорий.

Интересно, что содержание «Декларации взаимосвязей для устойчивого будущего», принятой на Всемирном конгрессе архитекторов в Чикаго (июнь 1993 г.), сводилось к тому, что архитекторы обязывались ставить устойчивость природной среды в центр практики и профессиональной ответственности, развивая те методы и нормы, которые дают возможность выполнять проекты, направленные на обеспечение высоко-

го экологически обоснованного качества городской среды, для восстановления (реставрации) природной среды и поддержания экологического равновесия [4].

Очень интересная инициатива прозвучала в книге А. Н. Териора «Устойчивое развитие города». Вот, что он пишет: «...для полного восстановления экологического равновесия и природной среды нашей планеты имеется только один способ: нужно вернуть значительную часть (около 1/3 используемых земель!) в естественное состояние. Простой возврат земель либо чрезвычайно сложен, либо просто невозможен, учитывая рост населения и урбанизированных территорий. Однако, нам представляется возможной замена этого возврата устойчивым строительством, экологизацией урбанизированных территорий, устойчивой биопозитивной реконструкцией зданий и сооружений, что позволит создать принципиально новые биопозитивные объекты, родственные природе. Они не будут отторгнуты природой и органически включатся в природные экосистемы. Природа будет воспринимать биопозитивные объекты (здания, сооружения, города) как естественные природные объекты, что постепенно приведет к достижению устойчивости, восстановлению утраченного равновесия и прекращению деградации природной среды)» [6].

Примечательно, что в зависимости от инженерно-геологических характеристик грунтов, строительство подобного типа можно вести:

- 1) на склонах с углами наклонов от 25 до 50°, так называемые террасные здания;
- 2) на оползневых телах, с целью их стабилизации;
- 3) в местах частых наводнений;
- 4) здания и сооружения, способные к задержанию селевого потока;
- 5) искусственное «озеленение» скал с созданием сети анкеров с дополнительными емкостями для искусственного внесения грунта и высадки лиановидных растений и т. д.

Искусственное повышение экологической эффективности архитектурно-ландшафтной планировки территорий, невозможно без обязательного использования эстетических свойств ландшафтов, их эмоционально-нравственной оценки. Лишь в этом случае структура функционирования не только самого ландшафта, но и его компонентов будет служить основой для выявления основных узлов системы, способных не только вместить архитектурные и инженерные объекты, но стать при этом прочнее, красивее, а самое главное — не потерять своего основного функционального качества — воспроизводства биоты.

Чтобы выжить, человечество должно срочно менять свои приоритеты, мораль, политические и технологические принципы. Оно должно

научиться мыслить совершенно по-иному, так как без понимания этого у нас нет будущего, а звонок вот-вот зазвонит. По-видимому, понятие «сбалансированное развитие» требует абсолютно нового мышления, основанного на переоценке ценностей, когда не стоимость товара и природных ресурсов играет первенствующее значение, а совесть. Именно забота о будущем, о том, что мы оставляем нашим потомкам, не нашим лично внукам и правнукам, а будущим поколениям.

Учитывая сказанное трудно согласиться с тем, что современное общество готово к реальному, а не показному применению в практике концепции «сбалансированного развития».

Литература

1. *Бялко Л. Я.* Климат, кризисы, Киотская конференция // Природа.—1998.— № 2.—С. 3–5.
2. Выступление Генерального секретаря ООН на конференции ООН по изменению климата.—URL: <http://www.un.org/russian/basic/sg/messages/2006/climate>.
3. *Гвишиани Д. М.* Мосты в будущее.—М.: Институт системного анализа, 2004.—248 с.
4. *Гинзбург А. С.* Урбанизация на рубеже тысячелетий: смена тенденций (Глава 8. Устойчивое проектирование и строительство).—URL: <http://www.leadnet.ru/tet/18>.
5. Глобальная экологическая перспектива. Глава 3. Стихийные бедствия.—URL: <http://www.grida.no/>.
6. *Териор А. Н.* Устойчивое развитие города.—URL: <http://www.leadner.ru/tet/t10.hum>.
7. Устойчивое развитие.—URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
8. Экологические принципы управления региональной экономикой. — URL: <http://www.h2club.mirea.ru/projects/samitD7.htm>.

О ПАРАМЕТРЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бурдзиева О. Г.

(ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Сейсмическое воздействие традиционно оценивают исключительно на основе данных инженерного макросейсмического обследования последствий сильных и разрушительных землетрясений. Являясь объективной характеристикой выделенной сейсмической энергии, результаты макросейсмического обследования, тем не менее, быть ее количествен-

ной мерой не могут. Только использование инструментальных средств регистрации позволяет наиболее полноценно оценить, как сейсмическую энергию, так и особенности ее распространения.

В ранних исследованиях традиционно считалось, что применение ускорений грунтов — простейший и лучший путь для характеристики опасности землетрясений. Особенно он был предпочтителен для специалистов по сейсмостойкому строительству, так как позволял непосредственно определять интенсивность землетрясения. При этом, как правило, использовались горизонтальные ускорения, хотя величина вертикальных ускорений также может быть значительной. Весьма высокие значения ускорений впервые были зарегистрированы в бывшем СССР. Это запись вертикального ускорения амплитудой $a = 1,3\text{--}1,4\text{ g}$ (Газли, 1976). До этого было получено высокое горизонтальное ускорение в США $1,15\text{--}1,25\text{ g}$ (Пакойма, 1971).

В то же время, опыт показывает, что при оценке сейсмической опасности нельзя надежно определять интенсивность землетрясения в данном пункте одной постоянной величиной ускорения, зависящей от магнитуды и эпицентрального расстояния. В этой связи отметим, что повреждения застройки были весьма незначительны на участке, где было зарегистрировано высокое ускорение $1,6\text{ g}$ (Kudo, 1995). Автор объясняет это нелинейностью движения грунта. Такое же явление наблюдалось и при Нотриджском землетрясении в районе с ускорением $1,82\text{ g}$ (Trifunac, Todorovska, 1998).

Отметим, что, с точки зрения инженера-проектировщика, особый интерес представляют собой частотные особенности колебаний грунтов — оснований зданий и собственно зданий (Поляков, 1978). Рассмотрение интегрального движения с учетом спектральных характеристик колебаний и нелинейных свойств грунтов, очевидно, создает условия для их использования при сейсмическом микрорайонировании территории. В связи с этим учет нелинейных явлений в грунте или системе грунт–сооружение совершенно исключает существование приращения балльности в виде традиционной постоянной величины (Aubri, Modaressi, 1987), так как последнее основывается ни на чем ином как на линейном представлении грунтового движения.

Исследования макросейсмических шкал и последствий землетрясений различной интенсивности показывают, что амплитудная градация записей не может в полной мере описать величину интенсивности. В частности, на интенсивность значительное влияние оказывает продолжительность воздействия данного амплитудного уровня.

Целью настоящей работы является выявление характеристик сильных движений наиболее обоснованно описывающих проявление воздействия в виде макросейсмической интенсивности.

Были выбраны следующие параметры, которые являются характеристиками проявления нелинейности в среде и могут быть использованы для описания интенсивности воздействия: площадь нормализованного спектра колебаний, площадь реального спектра колебаний, средневзвешенная частота колебаний. Получена связь указанных параметров с показателями поглощения сейсмической энергии и дано физическое описание процессов для скальных и рыхлых грунтов.

Была выполнена статистическая обработка набора данных: записей сильных движений на участках с различными грунтовыми условиями. Установлено, что наиболее полно интенсивность может быть оценена с помощью спектральных характеристик записей, являющихся в прямом виде энергетическими характеристиками воздействия.

Полученные показатели, которые можно использовать, чтобы определять приращения интенсивности, просты и обладают большой общностью. Для уточнения полученных показателей потребуется отдельно обработать данные по различным типам грунтов, выявить специфические закономерности и соответственно применить различные числовые константы.

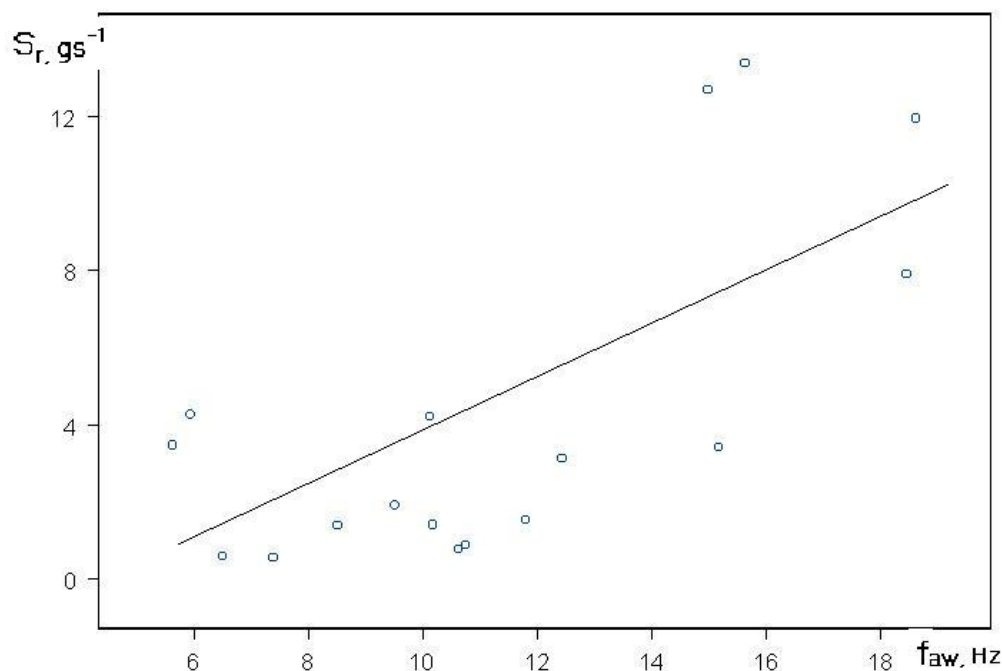


Рис. 1. Зависимость площади реального спектра от частоты колебаний в скальных грунтах.

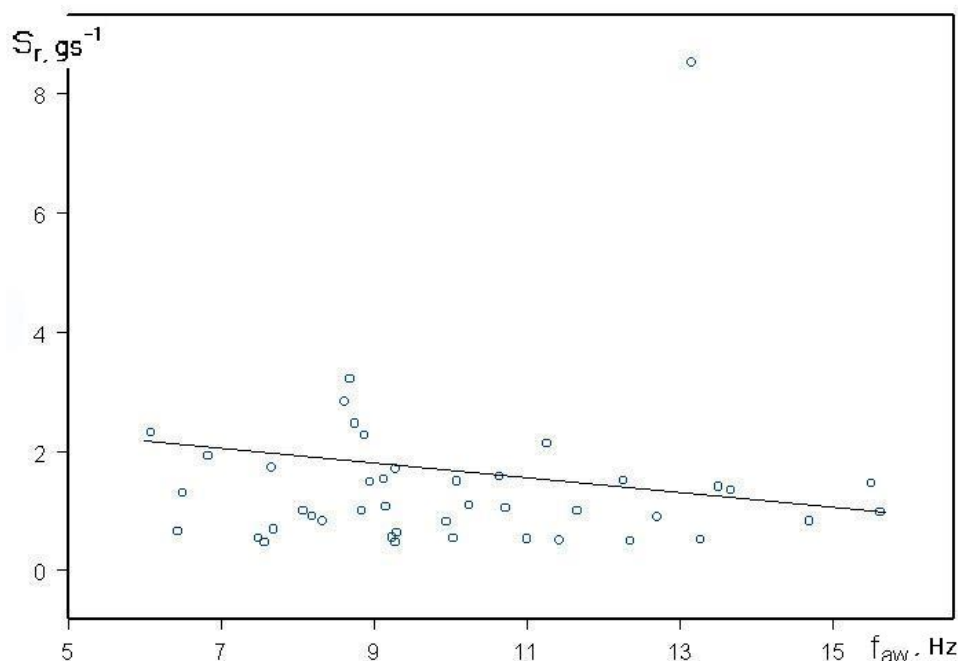


Рис. 2. Зависимость площади реального спектра от частоты колебаний в рыхлых грунтах.

Анализ показал, что площадь нормализованного спектра колебаний прямо пропорциональна ускорению в скальных грунтах и обратно пропорциональна ускорению в рыхлых грунтах. Получено, что для скальных и рыхлых грунтов зависимость частоты колебаний от ускорения также имеет различный вид. С увеличением ускорения на рыхлых грунтах частота колебаний падает и на скальных грунтах — растет. Сопоставление указанных зависимостей с площадью нормализованного спектра колебаний показывает их соответствие.

Установлено, что зависимость площади реального спектра колебаний в скальных грунтах аналогична зависимости коэффициента жесткости от частоты колебаний, а в рыхлых — коэффициенту потерь (рис. 1, рис. 2).

Получена связь указанных параметров с показателями поглощения сейсмической энергии и дано физическое описание различия течения процессов поглощения для скальных и рыхлых грунтов.

Анализ данных показывает, что полученные данные справедливы не только для грунтов или горных пород, но и для поведения физических систем различной природы и имеют универсальный характер.

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА ФОРМИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ В ГОРНЫХ РЕГИОНАХ

Габеева И. Л.

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Хорошо известно, что на формирование интенсивности землетрясения значительное влияние оказывают инженерно-геологические и гидрогеологические особенности территории. Можно много дискутировать по вопросу адекватности оценок их влияния, но этот процесс более-менее физически обоснован [3]. При этом речь может идти лишь об уточнении соответствующих подходов. В то же время, влияние рельефа оценивается явно более схематично, малоэффективно и, несомненно, нуждается в значительном развитии или совершенствовании. Действительно, согласно действующим строительным нормам Российской Федерации [6] влияние или учет рельефа при нахождении исследуемой площадки на склоне, превышающем 15° , выражается лишь в отнесении площадки к «неблагоприятным грунтовым условиям». Несомненно, такой подход или оценка совершенно не свойственны, быть может, не особенно физически обоснованным, но, тем не менее, количественным методам инженерной сейсмологии. До перехода европейских стран на строительные нормы объединенной Европы (Еврокод-8) в строительных нормах Франции при проектировании учитывалась высота расположения площадки (единственных в мире). Эти и другие соображения стали основой настоящего исследования.

По результатам более ранних исследований известно, что на изменение сейсмической интенсивности значительное влияние оказывают морфологические и морфометрические особенности мезо- и макроформ рельефа.

На основании анализа многочисленных макросейсмических наблюдений последствий сильных землетрясений, происходивших на территории бывшего СССР, С. В. Пучков и Д. Гарагозов предложили эмпирическую формулу для расчета приращения интенсивности (ΔI) в зависимости от особенностей рельефа [5]:

$$\Delta I = 3,3 \lg(W_{\text{гр}} / W_{\text{эт}}) + 3,3 \lg(W_{\text{в}} / W_0), \quad (1)$$

где $W_{\text{гр}}$, $W_{\text{эт}}$ — ускорения колебательного движения на грунте и эталоне; $W_{\text{в}}$, W_0 — ускорения на вершине горного сооружения и его основании.

В результате инструментальных и теоретических исследований было установлено, что для микрорельефа приращение сейсмической интенсивности возрастает от основания горного сооружения к его вершине

и может достигать приблизительно 1,8 балла. Для мезорельефа местности сохраняется тенденция увеличения интенсивности сейсмических колебаний от основания к вершине. Приращение сейсмической интенсивности для мезоформ рельефа составляет примерно 0,3 балла. Было показано, что слабо всхолмленный рельеф, с уклонами менее 10° , на интенсивность сейсмических колебаний не влияет. Исследования С. В. Пучкова и Д. В. Гарагозова показали, что при колебаниях горного массива, сложенного вулканическими туфами, на высоте 15 м амплитуда сейсмических колебаний в поперечных волнах возрастает в 1,46 раза по сравнению с основанием. Для массива, сложенного супесями и суглинками, на тех же высотных отметках амплитуда колебаний увеличивалась в 1,8 раза для продольных волн и в 3,2 раза для поперечных.

Было установлено, что на приращение сейсмической интенсивности значительно влияет крутизна склонов. Увеличение крутизны склонов, сложенных несцементированными гравийно-галечниковыми и супесчано-суглинистыми породами, способствует резкому ухудшению инженерно-геологических и сейсмических условий территории. Так, например, установлено, что крутизна склонов более $15\text{--}19^\circ$ (для сухих песчано-глинистых и гравийно-галечниковых отложений) дает приращение интенсивности до 1 балла, и при изменении крутизны склонов от 10° до 40° амплитуды сейсмических колебаний увеличиваются примерно в 2,5 раза. В то же время известно, что увеличение крутизны склонов от 40° до 80° дает приращение сейсмической интенсивности 1,5 балла [4].

Корреляционный анализ зависимости приращения сейсмической интенсивности от абсолютной высоты, крутизны склонов и расчлененности рельефа показал, что основные факторы, изменяющие величину сейсмической интенсивности, — первые два показателя [5]. Это хорошо соответствует результатам исследований, когда В. Б. Заалишвили ввел новый параметр — коэффициент рельефности, представляющий собой произведение угла наклона на высоту расположения участка [4].

Анализ большого объема экспериментальных данных позволил позже предложить эмпирическую формулу для расчета возможного усиления K и приращения интенсивности ΔI , обусловленных непосредственно рельефом:

$$K = -0,1 + 0,68 \lg R, \quad (2)$$

где $R = \alpha \times H$ — коэффициент рельефности; α — угол наклона рельефа, град; H — высота, м.

Анализ экспериментальных данных показывает, что приращение интенсивности при этом может изменяться, независимо от вида слагающих пород, от 0 до 1,5 балла.

Влиянию подземного рельефа на интенсивность посвящено много меньше исследований. По данным Б. А. Трифонова [7], на интенсивность сейсмических колебаний влияют подземный и погребенный рельеф скальных пород, если уклон поверхности превышает 0,3. При V-образном ложе скальных пород, перекрытых осадочной толщей, на изменение сейсмической интенсивности влияет соотношение между длинами волн и размерами V-образного вреза. Приращение сейсмической интенсивности в данном случае формируется интерференцией волн и может составить 1,5–2,0 балла [1, 2].

Использование коэффициента рельефности позволяет значительно повысить адекватность конечных результатов при оценках сейсмической опасности, обусловленных грунтовыми условиями исследуемой площадки или территории.

Таким образом, проводя работы по сейсмическому микрорайонированию территории в горных районах или в условиях сложного пересеченного рельефа, особое внимание необходимо уделять влиянию поверхностного или подземного рельефа на формирование величины интенсивности.

Литература

1. Бондарик Г. К., Пендин В. В., Ярз Л. А. Инженерная геодинамика: Учебник.—М.: «Университет», 2007.—440 с.
2. Бугаев Е. Г., Харлов Э. М. Особенности колебаний бортов каньонов // Сейсмическое микрорайонирование.—М.: Наука, 1977.—С. 91–98.
3. Заалишвили В. Б. Физические основы сейсмического микрорайонирования.—М.: ОИФЗ РАН, 2000.—367 с.
4. Влияние рельефа на волновые поля импульсного и вибрационного источника: Отчет о НИР/ИСМИС АН ГССР; Заалишвили В. Б., Гогмачадзе С. А.; № ГР 01.9.00.016412.—Тбилиси, 1989.—С. 25–40.
5. Пучков С. В., Гарагозов Д. Исследование влияния холмистого рельефа местности на интенсивность сейсмических колебаний при землетрясениях // Вопросы инженерной сейсмологии.—М.: Наука, 1973.—Вып. 15.—С. 90–93.
6. Строительные нормы и правила «Строительство в сейсмических районах» СНиП II-7-81* / Госстрой России.—М.: ГУПЦПП, 2000.—44 с.
7. Трифонов Б. А. Сейсмические характеристики крупнообломочных грунтов: Автореф. дис. ... к. ф.-м. н.—М., 1987.—26 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Габеева И. Л., Мельков Д. А.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

В настоящее время использование численных методов стало необходимой составной частью самых различных исследований. В условиях умеренной сейсмической активности, когда на исследуемой территории невозможно получить записи сильных движений, численные методы дают возможность оценки максимальных амплитуд и особенностей спектрального состава колебаний на поверхности грунтовой толщи. В силу простоты широкое применение получили одномерные модели грунтовой толщи с плоскопараллельными слоями (границами раздела). В то же время такой подход не всегда надежен, особенно при исследовании участков в горных районах.

Из существующих методов, на наш взгляд, наиболее подходящим для целей сейсмического микрорайонирования (СМР) является метод конечных элементов, рассматривающий континуум как совокупность дискретных элементов, границы которых определяются узловыми точками, и предполагает, что реакция континуума на внешнее воздействие может быть описана реакцией узловых точек. Такое описание среды позволяет достаточно детально описывать геометрию геологических разрезов и с достаточной точностью производить расчет реакции грунтовой толщи на внешнее сейсмическое воздействие. Использование метода конечных элементов в качестве одного из способов расчетного метода СМР является мощным инструментом, позволяющим учитывать влияние инженерно геологических условий и рельефа местности на сейсмический эффект землетрясений.

Алгоритм применения МКЭ в качестве способа СМР можно представить в следующем виде:

1. Сбор и подготовка геологических данных: геологических разрезов, данных о физико-механических свойствах грунтов, слагающих толщу.
2. Исследование сейсмологической ситуации, изучение карты разломов и зон возможных очагов землетрясений, и соответствующий выбор из баз данных наиболее подходящих для исследуемого района сейсмограмм, создание набора синтетических акселерограмм.

3. Выбор наиболее оптимальных временного шага и максимального размера элементов. Построение сетки конечных элементов, увеличение протяженности модели и задание параметров граничных узлов.

4. Выполнение вычислений.

5. Интерпретация результатов: построение сейсмограмм, спектров колебаний — определение резонансных частот, увеличения амплитуд колебаний в различных точках разреза.

Были выполнены расчеты для различных форм рельефа, в частности каньонной и холмистой форм.

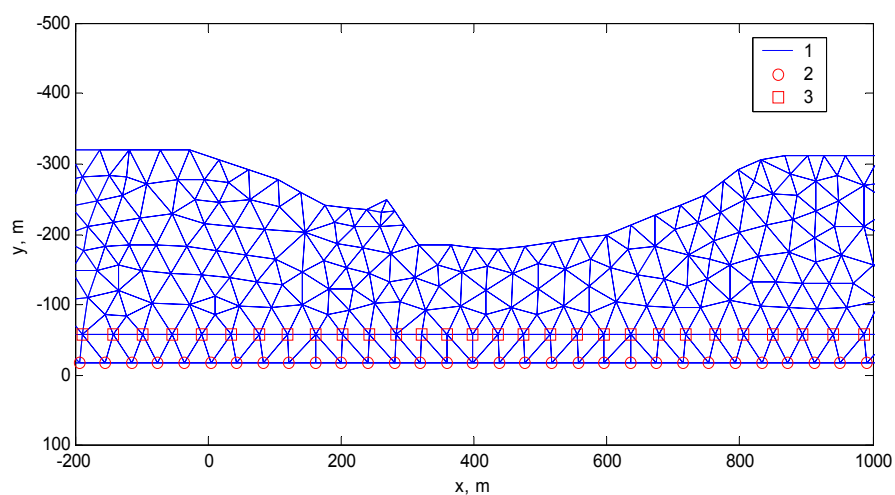
Усиление интенсивности сейсмических колебаний с увеличением отметки точки по высоте склона каньона отвечает более поздней стадии развития процесса. Предполагается, что колебания на поверхности склона к этому времени формируются как суперпозиция вынужденных и собственных колебаний и затем собственных (Скорик, 1975).

Несмотря на общий характер колебаний бортов каньона при землетрясениях, наличие локальных неоднородностей может существенно изменять волновую картину. В качестве примера рассмотрим расчет колебаний для одного из профилей каньона Лакбе (Лакбский гидроузел, Грузия), расчет способом МКЭ и инструментальные исследования способом взрывов даются в работе (Гогмачадзе, 1993).

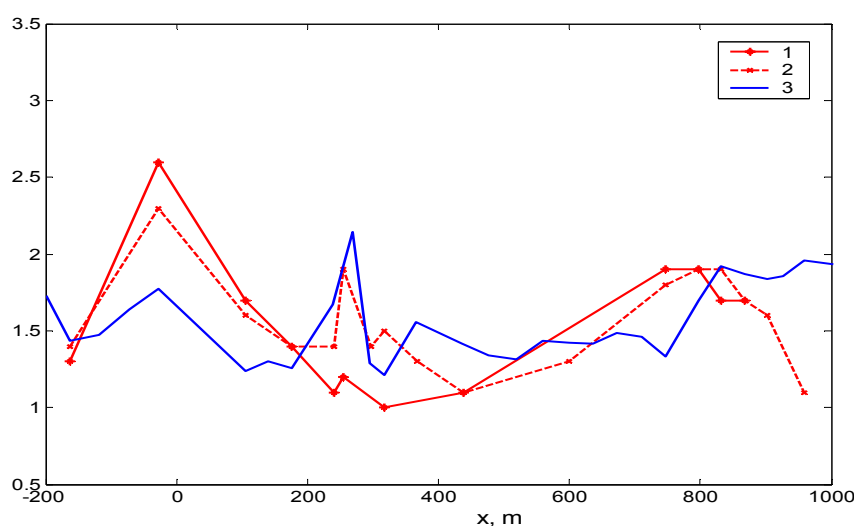
Каньон Лакбе имеет корытообразную форму высотой 120 м. Борты и дно каньона сложены из полускальных глин Майкопской свиты. Имеющийся профиль длиной 900 м, был достроен с границ областями длиной один километр каждая, на границах модели заданы демпфирующие элементы. Нижние узлы модели закреплены в обоих направлениях и построена соответствующая расчетная модель. Воздействие задается на границе нижнего слоя в горизонтальном направлении. В качестве входного сигнала использовалась акселерограмма сильного движения (Лома Приета). В расчетах использовались следующие значения плотности $\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$, модуль сдвига $E = 3,7 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$ и коэффициент Пуассона $\mu = 0,21$. Расчетная модель приведена на рис. 1а. Результаты расчета усиления колебаний вдоль профиля представлены на рис. 1б — кривая 3. Наблюдается хорошее соответствие с результатами расчетов, приведенными в работе (Гогмачадзе, 1993) (кривая 2): наблюдается рост усиления у бортов каньона, а также резкое увеличение усиления в области неоднородности.

Экспериментальные данные были получены с помощью взрывов малой мощности (кривая 1). Взрывное воздействие осуществлялось на дне каньона. Пик в области неоднородности выражен слабее, на наш взгляд, в силу поверхностного расположения источника, в отличие от

расчетов, в которых моделировалась вертикально распространяющаяся SH-волна.



а)



б)

Рис. 1. Пример использования расчетного способа МКЭ

- а) расчетная модель каньона: 1 — расчетная сетка, 2 — закрепленные узлы, 3 — узлы, в которых задается внешнее воздействие;
 б) усиление колебаний вдоль профиля: 1 — инструментальные данные, 2 — результаты расчета МКЭ, Эль Центро (Гогмачадзе, 1993), 3 — МКЭ, Лома Приета (3).

Для тестирования программы в случае холмистого рельефа использовались результаты инструментальных исследований приведенных в работе (Пучков, Гарагозов, 1973). Горное сооружение имело форму усеченного конуса высотой 30 м и углом наклона образующей 30°. Макси-

мальный размер элемента выбран равным 5 м, скорость распространения поперечной волны 300 м/с, плотность 1800 кг/м³, значение коэффициента Пуассона было принято равным 0,28. Сейсмическое воздействие задавалось в основание грунтовой толщи в виде инструментальной акселерограммы, моделируя вертикально падающую SH волну.

Было установлено, что амплитуда колебаний значительно изменяется с рельефом. При этом указанная зависимость различна для смещений, скоростей и ускорений. Наибольшее значение усиления наблюдается для смещений и максимальное отношение амплитуд колебаний.

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОСЕЙСМ

Габеева И. Л., Мельков Д. А.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Известно, что на формирование интенсивности землетрясения значительное влияние оказывают инженерно-геологические и гидрогеологические особенности территории. Можно много дискутировать по вопросу адекватности оценок их влияния, но этот процесс более-менее физически обоснован [4]. При этом речь может идти лишь об уточнении соответствующих подходов. В то же время, влияние рельефа оценивается явно более схематично, малоэффективно и, несомненно, нуждается в значительном развитии или совершенствовании. Действительно, согласно действующим строительным нормам Российской Федерации [6] влияние или учет рельефа при нахождении исследуемой площадки на склоне, превышающем 15°, выражается лишь в отнесении площадки к «неблагоприятным грунтовым условиям». Такой упрощенный подход совершенно не свойственен количественным методам инженерной сейсмологии и это определяет актуальность проблемы [4].

В связи с этим нами на основе ранее проведенных исследований [3] был позже развит подход адекватного учета не только величины угла, но и высоты участка [1, 2]. Это обусловило проведение натурных исследований.

В 2008 г. на участке в районе ул. Гадиева г. Владикавказа на склоне крутизной 12° была организована регистрация микросейсм (рис. 1). По данным инженерно-геологических исследований участок сложен глинами мощностью до 60 м [5]. Регистрация производилась мобильными

сейсмостанциями, состоящими из регистратора сейсмических сигналов (РСС) «Дельта-Геон-02М», сейсмоприемника СК-1П и блока питания БП-9/12. Сейсмоприемники устанавливались на склоне: пункт № 1 в верхней части склона, пункт № 2 — в центральной части и пункт № 3. Расстояние между сейсмоприемниками составляло 10 м, общая длина склона составляла 26 м. Компонента Y была направлена вдоль склона, компонента X — поперек, компонента Z — вертикально. Продолжительность записи составляла 20 минут, синхронизация осуществлялась с помощью блока управления и синхронизации (БУС).

Был произведен спектральный анализ полученных записей. Амплитудные спектры Фурье записей приведены на рис. 2. Наибольшие амплитуды наблюдаются на компоненте, ориентированной вдоль склона, при этом в области частот до 15 Гц максимальные амплитуды наблюдаются на пункте № 2, расположенном в центральной части склона. Таким образом проявляется совместное влияние угла наклона рельефа и мощности толщи. В области частот от 25 Гц максимум наблюдается на записях пункта № 1, расположенного в верхней части толщи, максимальный также на компоненте Y, ориентированной вдоль склона, что позволяет предположить, что данное явление также обусловлено влиянием рельефа.

Для выделения резонансных частот толщи используется способ спектральных H/V-отношений, т. е. отношение спектров горизонтальной компоненты к вертикальной. Спектральные H/V отношения для каждого пункта регистрации представлены на рис. 3.

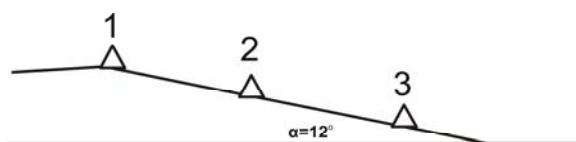


Рис. 1. Расположение пунктов регистрации вдоль склона.

Для первого пункта (рис. 3а) на обоих компонентах наблюдается максимум на частотах 36,5 Гц (компонента Y) и 37,1 Гц (компонента X), в то же время пик на частоте 26,7 Гц отмечается только на компоненте Y. Таким образом, именно на данной частоте проявляется влияние склона на волновое поле микросейсм. На пункте № 2 максимумы наблюдаются на частотах 33,0 Гц и 44,8 Гц, также на компоненте Y. Величина H/V отношений, построенных для пункта № 3 значительно меньше и не превышает 1,5, нечеткий максимум можно выделить на частоте 26,7 Гц на компоненте Y, что совпадает с частотой, выделенной для пункта № 1. Следующий по величине пик отмечается на частоте

23,1 Гц, также наблюдаемый на пункте № 2, на пункте № 3 не выделяется, вероятно из-за наличия близкого пика высокой амплитуды. Отмечаемое также на всех пунктах нечеткое увеличение амплитуд в области 4–6 Гц, вероятно обусловлено наличием более мощного подстилающего слоя.

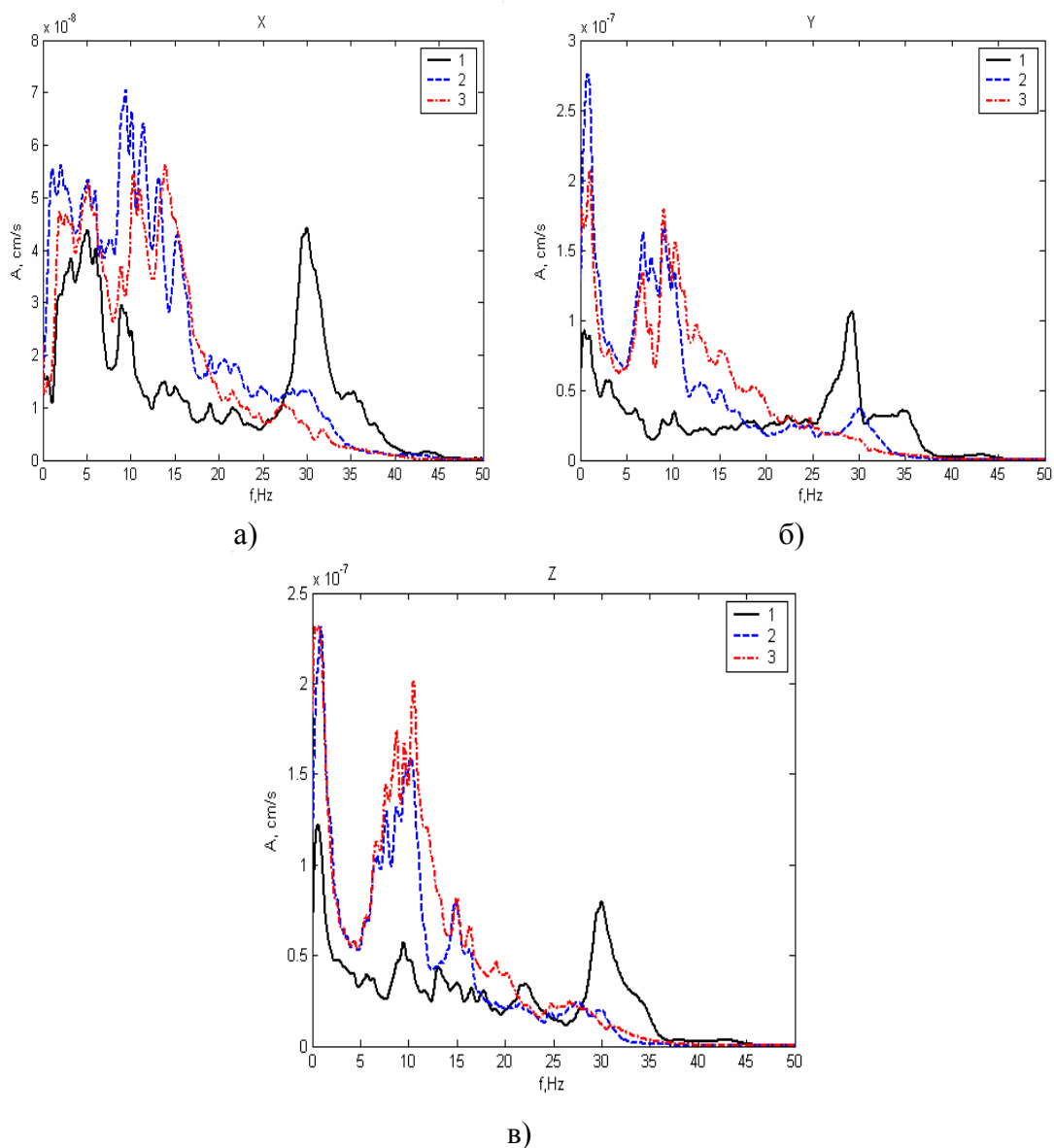


Рис. 2. Амплитудные спектры Фурье:
а) компонента X; б) компонента Y; в) компонента Z.

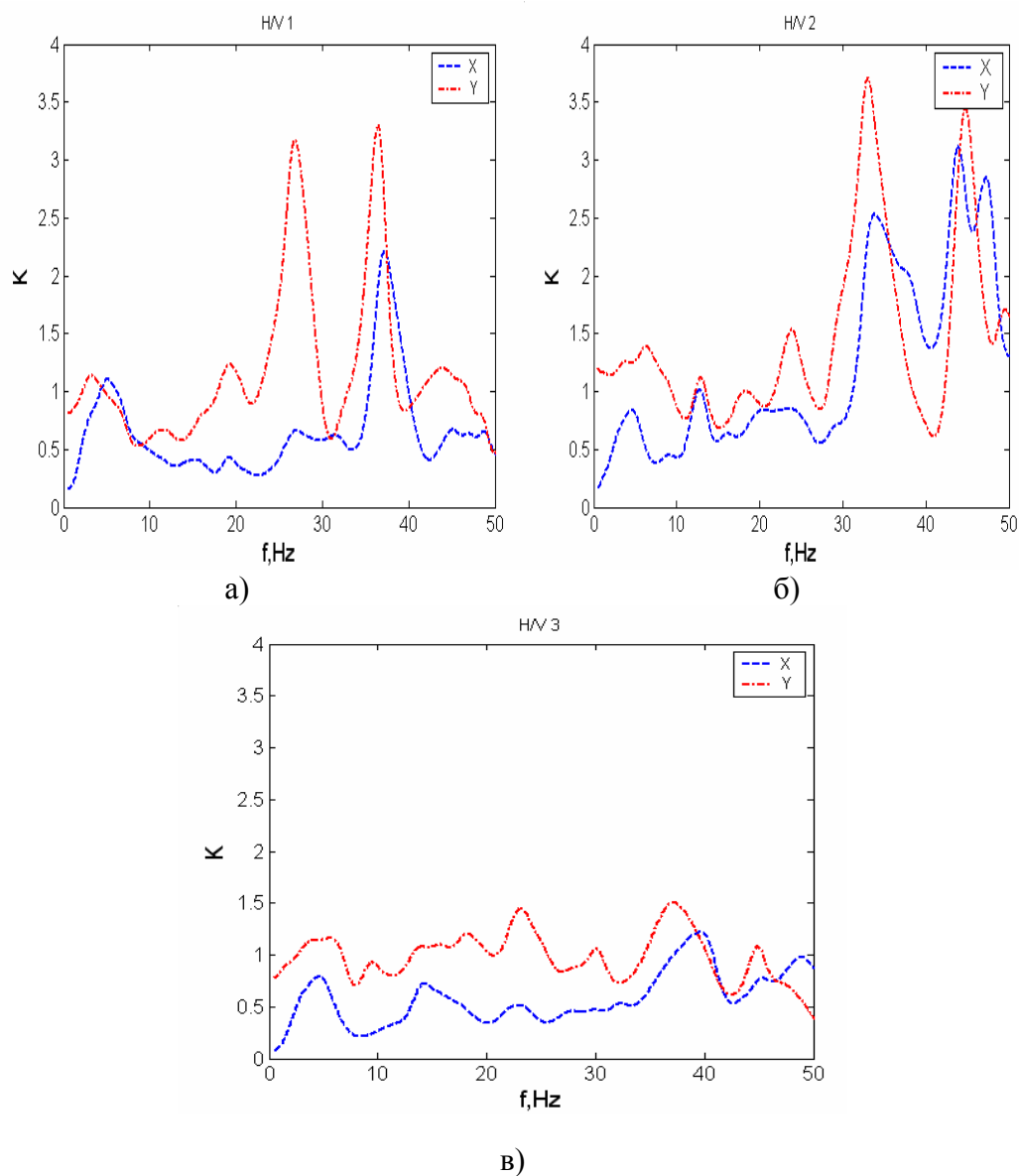


Рис. 3. Спектральные H/V отношения:
а) пункт № 1; б) пункт № 2; в) пункт № 3.

Выводы

1. Выполнены исследования влияния рельефа на волновое поле микросейсм. Наибольшие амплитуды наблюдаются на компоненте, ориентированной вдоль склона.

2. Влияние рельефа проявляется на всех участках склона, но в разных частотных диапазонах. Приращение интенсивности с рельефом наблюдается наиболее отчетливо в высокочастотной области спектра, связанной с поверхностной толщиной, формирующей указанные колеба-

ния, и составляющий 3–10 м. При сильных воздействиях диапазон спектра смещается в низкочастотную область.

Литература

1. Габеева И. Л., Заалишвили В. Б. Оценка сейсмической опасности грунтов в условиях сложного рельефа для целей сейсмического микрорайонирования // Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе.— Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2006.—С. 137–143.
2. Габеева И. Л., Заалишвили В. Б., Мельков Д. А. Влияние рельефа на формирование интенсивности колебаний в задачах сейсмического микрорайонирования // Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе.—Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2007.—С. 129–133.
3. Влияние рельефа на волновые поля импульсного и вибрационного источника: Отчет о НИР/ИСМИС АН ГССР; Заалишвили В. Б., Гогмачадзе С. А.; № ГР 01.9.00.016412.—Тбилиси, 1989.—С. 25–40.
4. Заалишвили В. Б. Физические основы сейсмического микрорайонирования.— М.: ОИФЗ РАН, 2000.—367 с.
5. Заалишвили В. Б. и др. Оценка сейсмической опасности (сейсмическое микрорайонирование) территорий городов и населенных пунктов Республики Северная Осетия – Алания (первый этап). Кн. 3, 4 // Труды ГФЦЭД (ЦГИ) ВНЦ РАН и РСО-А.—Владикавказ, 2007.—188 с.
6. Строительные нормы и правила «Строительство в сейсмических районах» СНиП 11-7-81*/ Госстрой России.—М.: ГУПЦПП, 2000.—44 с.

НАПРЯЖЕННОСТЬ И ДИНАМИКА ГОРНОГО МАССИВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Голик В. И., д. т. н.

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),

Козырев Е. Н., д. т. н.

(СКГМИ (ГТУ), Владикавказ, Россия),

Логачев А. В., к. т. н.

(ЮРГТУ, Новочеркасск, Россия)

Основу безопасности разработки месторождений полезных ископаемых скального типа составляет оценка состояния рудовмещающих массивов, подвергаемых техногенному воздействию. В настоящее время такая оценка невозможна без использования геоинформационных технологий с их возможностями моделирования поведения пород в процессе разрушения массивов.

Для получения корректных результатов моделирования геомеханических процессов важно представление о напряжениях и деформациях в горном массиве. Энергия напряженного состояния способна производить полезную работу по дроблению пород при добыче руд, поэтому оценка естественного напряженного состояния выполняется при проектировании технологий разработки месторождений.

Ненарушенный горными работами массив горных пород характеризуется совокупностью напряжений, формирующихся в недрах под воздействием естественных факторов: сил гравитации, движений земной коры и процессами денудации.

Техногенное вмешательство в недра характеризуется вторичными напряжениями, возникающими в окрестностях выработок, скважинах, целиках и крепи в результате действия гравитационных и тектонических сил, изменения температуры слоев земной коры, развития горного давления и т. п. факторов.

Согласно одной из наиболее распространенных гипотез — гипотезы Турнера (1884 г.) в целиках при камерно-столбовой системе разработки горное давление определяется весом столба пород до земной поверхности с основанием, равным пролету выработки. Расчеты приводили к тому, что даже при небольших глубинах получали нагрузки, которые не могла бы выдержать крепь.

Гипотеза о нагрузке крепи массой пород в пределах объема с основанием, равным пролету выработки, принадлежит М. М. Протодьяконову (1907 г.) В ней указанный объем представляет собой параболический свод. Его высота связана с пролетом выработки соотношением, где участвует и тангенс угла внутреннего трения для сыпучих пород или коэффициент крепости для связных пород. Расчеты по этой формуле для глубин до 200–300 м без учета тектонических напряжений дают приемлемые результаты.

Принципиально новой явилась гипотеза Г. Н. Савина (1947 г.), в которой использовано условие совместности перемещений контактирующих друг с другом точек поверхности выработки и крепи, что позволило объяснить влияние податливости крепи на величину горного давления.

В 1954 г. Г. Н. Кузнецов сформулировал понятия о работе крепи в режимах заданной нагрузки и заданной деформации и предложил концепцию шарнирно-блочных систем в кровле очистных выработок.

В конце 70-х годов возродилось и получило развитие направление определения горного давления на крепь, как веса объема сыпучей породы (Е. И. Шемякин).

Роль тектонических сил в массиве изучена М. В. Гзовским (1954 г.), И. А. Турчаниновым, Г. А. Марковым и другими.

Если рассматривать массив без горных выработок как однородный и изотропный и учитывать лишь гравитационные силы, то в нем будут действовать начальные нормальные напряжения. При проведении горных выработок главные нормальные напряжения изменяются. При больших концентрациях напряжения превосходят пределы прочности пород, и вблизи поверхности выработки породы или пластически деформируются или хрупко разрушаются.

Деформация горных пород и массивов или изменение относительного положения частиц пород, вызывающее изменение размеров, объема, формы массивов происходит в результате действия естественных статических (горное давление) или динамических нагрузок (тектонические деформации), механического нагружения, взрывных работ, термического, электрического и магнитного воздействий в процессе добычи руд. Деформации предотвращают креплением выработок и использованием природоохранных технологий с укреплением массива (закладка, в том числе, твердеющая).

Динамические явления в подземных выработках представляют собой внезапно возникающее и протекающее с высокой скоростью движение пород, газов или жидкостей, сопровождающееся динамическим эффектом. К таким явлениям относятся горные удары, внезапные выбросы угля, пород и газа, внезапные прорывы газа, воды, плывунов, внезапные обрушения, высыпания и отжим, а также стреляние горных пород.

Для предотвращения и снижения интенсивности динамических явлений применяют способы физико-химического и технологического воздействия на массив, изменяющие его напряженно-деформированное и газодинамическое состояние.

Давление на крепь очистной выработки определяется с учетом условий ее работы в режиме заданной нагрузки или заданной деформации. Слои кровли рассматриваются как балки, плиты или шарнирно-блочные системы. Размеры зоны расслоения, в пределах которой образуется система взаимодействующих балок, определяются методами механики деформируемой среды. Балки считаются загруженными собственным весом, а также пригрузкой со стороны вышележащих отслаивающихся слоев. Величина пригрузки определяется экспериментально или в результате аналитических расчетов, базирующихся на условии совместности смещений.

Шарнирно-блочная система состоит из блоков пород кровли, которые взаимодействуют между собой. Блоки не деформируются, а поворачиваются друг относительно друга или взаимно проскальзывают с трением на поверхностях. Поведение шарнирно-блочных систем и их взаимодействие с крепью рассчитываются методами строительной механики.

Расчет давления беспорядочно обрушенных пород и закладочных материалов на крепи осуществляется методами механики сыпучей среды. Целью управления является использование остаточной прочности технологически разрушенных пород.

Критические деформации горных пород и массивов происходят в результате действия естественных статических или динамических нагрузок и сопровождаются перераспределением в пределах массивов пород, газов или жидкостей. Устойчивость природных массивов в результате техногенного воздействия на них определяется уровнем возникающих в них природных гравитационных и тектонических процессов и технологически наведенных напряжений.

Эти процессы имеют волновую природу и могут быть оптимизированы на основании результатов исследований их природы и параметров.

Возможность оптимизации проявления совместно действующих гравитационных и динамических процессов предоставляет использование в горном деле геоинформационных технологий, позволяющих максимально расширить спектр исследований состояния массива при разработке месторождений полезных ископаемых, особенно скального типа.

МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ ВЗРЫВА В ГОРНОМ МАССИВЕ

Голик В. И., д. т. н.

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),

Логачев А. В., к. т. н.

(ЮРГТУ, Новочеркасск, Россия),

Агузаров Т. А., к. т. н.

(СКГМИ (ГТУ), Владикавказ, Россия)

Существенную роль в управлении процессами горного производства играют геоинформационные технологии, позволяющие оптимизировать затраты на сохранение геомеханической стабильности подвергаемого техногенному воздействию участка литосферы.

Для получения корректных результатов моделирования геомеханических процессов средствами геоинформационных технологий важно представление о механизме развития взрыва в горном массиве.

Нами обобщены и систематизированы существующие представления по существу вопроса, считающиеся более или менее общепризнанными.

Взрыв и генерируемые им деформации изменяют относительное положение частиц твердых тел перемещением их под действием взрыва. К видам деформации относят растяжение, сжатие, сдвиг, кручение, изгиб или несколько видов деформации одновременно. Деформации в большинстве пород относятся к упругим и исчезают после прекращения действия взрывной волны. Пластические деформации не исчезают после снятия нагрузки, но они незначительны по величине и их обычно не учитывают.

В грунтах же деформации даже при небольших нагрузках являются пластическими. Механизм пластических деформаций описывает теория дислокаций.

Действие взрыва проявляется или в виде волн напряжения или в виде квазистатического воздействия газообразных продуктов. Волны напряжения вызывают в ближней к заряду зоне дробление породы, а в дальней зоне преобразуются в сейсмические волны: продольные, поперечные и поверхностные, вызывающие только упругие смещения.

Эти смещения тоже опасны для горных выработок или инженерных сооружений. Наиболее опасны волны деформации в том случае, когда частота сейсмических колебаний совпадает с собственной частотой колебаний сооружения.

Волны деформации сопровождаются увеличением температуры из-за потери энергии. Они увеличиваются по мере увеличения массы заряда и уменьшаются по мере увеличения расстояния до заряда.

Для предотвращения повреждения инженерных сооружений и горных выработок применяют экранирование. Действие экрана сказывается в области, соизмеряемой с размером экрана. Экраном между зарядом ВВ и защищаемым сооружением служит воздушная щель, созданная на пути движения волны напряжения механическим способом или взрыванием небольших рядом расположенных зарядов, или порода на границе намеченной выработки, раздробленная взрывом контурных зарядов. Для уменьшения сейсмической опасности при взрывной отбойке применяют короткозамедленное взрывание.

Симптомы выбросов: повышение акустической или сейсмоакустической активности массива, шелушение и стреляние пород в кровле и боках выработки, увеличение интенсивности выделения газов и выхода штыба при бурении шпуров, деление выбуриваемых кернов на диски выпукло-вогнутой формы.

Большая часть выброшенной массы частиц чешуйчатой, пластинчатой формы имеет размеры до десятков мм, крупные глыбы породы встречаются редко. Выбросы угля и газа происходят при глубине работ

более 250 м в пластах мощностью от 0,5 до 2,5 м. Эти участки пластов отличаются пониженной прочностью, развитием трещин тектонического происхождения и резким изменением мощности пласта. Выбросы пород и газа происходят на глубинах более 400 м в рудных телах не выдержанных по мощности наличием трещин тектонического происхождения.

Механизм выброса разрушенной массы в выработку состоит в следующем. При быстром перемещении забоя или внезапно возникшей трещине на участке с низкой проницаемостью угля или породы образуется перепад давления природного газа в очень тонком слое около свободной поверхности.

Перепад давления разрушает этот слой за счет энергии расширяющегося газа. Давление газа у вновь образовавшейся свободной поверхности быстро падает, вызывая другой перепад давлений и т. д. Свободная поверхность быстро перемещается в глубь массива, сохраняя большой перепад давления, разрушающий слои один за другим.

Параметры, характеризующие разрушение пород: величина и скорость опускания кровли, площадь, длительность, шаг обрушения и частота. Параметры оседания связаны с режимом работы крепи. Возможность разрушения принимается во внимание при выборе способа управления горным давлением.

Интенсивность разрушения агрегатов и массивов горных пород под действием естественных и техногенных сил в процессе разработки месторождений полезных ископаемых в немалой мере зависит от напряженного состояния объекта, прочности и структурных свойств пород.

В процессе разработки месторождений состояние массива определяется совокупностью химических и механических эффектов, вызываемых быстрым выделением энергии в ограниченном объеме.

Основной инструмент техногенного разрушения массива — взрыв заряда ВВ генерирует в массиве ударную, разрежения и ударную отраженную волны, определяющие мгновенную динамику давления в прилегающем к заряду массиве. Переданная массиву энергия переносится и частично поглощается средой.

В хрупкой среде прохождение взрывной волны сопровождается разрывными деформациями частиц среды. Наведенные технологически сейсмические волны провоцируют разрушение массива вследствие нарушения его гравиметрического равновесия, сопровождаются динамическими ударами в зоне влияния очистной выработки и разрушением массива.

Причиной разрушения природных массивов в ходе техногенной деятельности является физическое воздействие на вещество месторождений, осуществляемое управляемым потоком энергии, например и преимущественно взрыва.

Состояние природной среды и динамика процессов в ней под влиянием техногенных факторов определяется природой и количеством энергии, транспортируемой во времени и пространстве посредством волновых процессов.

Поэтому объектом исследования процессов разработки месторождений являются волновые процессы, технологически наведенные в породных массивах.

Технологические взрывы для отделения полезных ископаемых от массива не только являются аналогами природных сейсмических явлений, но и могут провоцировать последние с возникновением синергетического эффекта, последствия которого превышают простую сумму эффектов за счет пока еще мало изученных феноменов.

Возможность прогнозирования последствий взрыва предоставляет использование в горном деле геоинформационных технологий.

ПРИРОДА ПРОЯВЛЕНИЯ ГРАВИТАЦИИ В СКАЛЬНОМ МАССИВЕ

Голик В. И., д. т. н.

(ЦГИ ВНИИ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),

Логачев А. В., к. т. н.

(ЮРГТУ, Новочеркасск, Россия)

Инструментом сохранения геомеханической стабильности подвергаемого техногенному воздействию участка земной коры в последнее время все чаще становятся геоинформационные технологии, позволяющие оптимизировать затраты на управление состоянием рудовмещающего массива не только в процессе разработки, но и спустя время после этого.

Для получения корректных результатов моделирования геомеханических процессов средствами геоинформационных технологий важно представление о механизме проявления гравитации в горном массиве.

Представления по существу вопроса сводятся к следующим положениям.

Поверхность Земли изменяется под действием гравитации. К изменениям относятся обвалы, камнепады, снежные лавины, оползни, сползание и истечение грунтов и ледников. Обвалы и осыпание происходят на склонах, крутизна которых более угла естественного откоса ($35\text{--}40^\circ$). Осыпание — постоянный процесс, пульсирующий по интенсивности (увеличивается при снеготаянии и при землетрясениях). Скорость денудации в зависимости от крутизны склонов изменяется в пределах $1,5\text{--}0,05$ мм в год.

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых наиболее опасно обрушение бортов карьера.

Силы гравитации оказывают влияние на геологические процессы образования месторождений солей, нефти и других минералов. Проявление гравитации учитывается при расчете углов откоса в карьерах, устойчивых сводов подземных выработок, строительстве насыпей, дамб и т. п.

В процессе эволюции горных технологий для предотвращения разрушения массива горным выработкам придавали сводчатую форму, оставляли рудные целики и применяли простейшие искусственные сооружения из камня и дерева.

Современный этап развития человеческого сообщества характеризуется созданием технологий, позволяющих вовлекать в разработку значительные рудные площади и объемы добываемых полезных ископаемых, которые мощным сейсмическим эффектом, сопоставимым с природными динамическими явлениями. Так, сейсмические волны от подземных ядерных взрывов распространяются на расстояния в тысячи километров от места взрыва и провоцируют тектонические землетрясения нередко с катастрофическими последствиями.

Добыча полезных ископаемых представляет собой процесс, обратный их образованию, осуществляемый воздействием на природные объекты энергетическими потоками, более сильными, чем удерживающие эти объекты в равновесном состоянии.

Поэтому предметом совершенствования технологий разработки месторождений полезных ископаемых является распределение энергетических потоков или оптимальное их сочетание по критериям эффективности и безопасности, осуществляемое в природных объектах технологическими средствами.

Под влиянием отработки месторождений в верхних слоях литосферы возникают горизонтальные и вертикальные сдвиги и деформации растяжения и сжатия. Параметры деформирования зависят от вынимаемой мощности залежи, глубины горных работ, угла падения залежи и площади отработки. Граница деформирования определяется граничны-

ми углами сдвигающихся пород. Выделяются зона опасного сдвижения, где сдвижения и деформации опасны для подрабатываемых сооружений, и менее опасная зона трещин. Значения граничных углов, углов сдвижения и углов обрушения зависят от прочностных свойств массива и параметров залегания залежей. При разработке крутопадающих залежей сдвижение проявляется в форме трубообразных провалов.

Механизм деформирования зависит от анизотропии — различия значений свойств пород по разным направлениям. Феномен анизотропии связан с микрослоистостью, ориентировкой зерен и микротрещиноватостью и определяется упорядоченным залеганием больших структурных элементов, разделенных тектоническими разрывами, слоистостью или упорядоченной макротрещиноватостью.

Для управления состоянием массивов наибольшее значение имеет анизотропия деформационных свойств или отношение пределов прочности при сжатии и растяжении образцов перпендикулярно и параллельно напластованию.

Деформирование массива инициирует перераспределение деформаций в окрестностях горных выработок и технологических сооружениях и крепи.

Состояние реальных массивов корректируется явлением релаксации — изменения во времени поля напряжений образца породы или горного массива в условиях, препятствующих изменению деформаций. Этот эффект состоит в уменьшении упругой и увеличении необратимой (пластической) деформации при неизменной общей, поэтому он представляет собой частный случай ползучести, происходящей в динамике напряжений. Уменьшение величины напряжений во времени в зависимости от заданного уровня напряжений и степени вязкости происходит до определенной величины. Закономерное уменьшение напряжений определяется периодом релаксации или временем, необходимым для уменьшения напряжений в 2,718 раз. Для прочных пород время релаксации сотни и тысячи лет, а для слабых — несколько суток.

Реакцией массива на техногенное воздействие является его перемещение и деформирование вследствие нарушения условий равновесия. Над очистной выработкой породы теряют сцепление и смещаются в выработанное пространство. Высота зоны обрушения в 2–6 раз превышает выемочную мощность пласта или рудного тела. За ней располагается зона трещинообразования высотой в 20–40 выемочных мощностей, где в обнажающихся слоях образуются пересекающие их трещины, и толща, где породы деформируются без образования трещин.

Адекватной реакцией массива на техногенное воздействие является его перемещение и деформирование вследствие нарушения условий природного равновесия, динамика которых зависит от тектоники массива и сейсмичности естественных и техногенных процессов.

Деформации массива представляют собой реакцию природной среды на техногенное воздействие, протекающую в виде изменения состояния и формы вещества под влиянием энергетических потоков. Поэтому для оптимизации параметров деформирования необходимы исследования гравитационных процессов, наведенных при разработке месторождений полезных ископаемых.

Феномен гравитации широко используется в процессах добычи полезных ископаемых в виде технологий с естественным управляемым или принудительным обрушением руд и пород. Многочисленные варианты таких технологий составляют класс систем разработки с обрушением. По такой технологии добывается больше минерального сырья, чем по остальным вместе взятым технологиям.

Возможность прогнозирования механизма развития гравитационных процессов предоставляет использование в горном деле геоинформационных технологий, повышающих разрешающие способности исследований состояния массива при разработке месторождений полезных ископаемых.

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРО-ОСЕТИНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

Джгмадзе А. К.

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Осетинская наклонная равнина, к которой приурочен одноименный артезианский бассейн, представляет собой глубокую впадину, заполненную валунно-галечниковыми отложениями. Сам бассейн сложен толщей рыхлых терригенных отложений от миоцена до современных. Аллювиально-флювиогляциальные валунно-галечниковые отложения четвертичного возраста, заполняющие котловину, представляют собой огромный предгорный конус выноса мощностью до 300 м, на 25% выполненный подземными водами. Прогнозные ресурсы подземных вод горизонта четвертичных отложений оцениваются в количестве 1200 тыс. м³/сутки. Указанные воды являются основным источником хозяйствен-

но-питьевого водоснабжения городов: Беслан, Ардон, Дигора и других населенных пунктов равнины. По химическому составу воды — гидрокарбонатные кальциевые, пресные с минерализацией 0,3–0,6 г/дм³ [1].

За последнее десятилетие по данным повторного опробования ранее пробуренных и бурения новых скважин в юго-восточной части артезианского бассейна, на правобережной части р. Терек, наблюдается изменение качества подземных вод четвертичного водоносного горизонта в виде увеличения жесткости, и соответственно, минерализации подземных вод. Так, в 1973 г. по скв. № 250 минерализация воды составляла 3 г/дм³, а жесткость — 5,9 мг-экв/дм³, а в 2007 г. эти показатели составили 1,5 г/дм³ и 18,2 мг-экв/дм³, соответственно. То же в скв. 318 (завод «Радуга»), по скв. водозабора, снабжающего питьевой водой пос. Заводской и др. [1, 2]. Изменение минерализации подземных вод происходит за счет увеличения содержания кальция, гидрокарбонатов и сульфатов, указывающее выщелачивание водовмещающих пород под воздействием кислот. Процесс прогрессирующего изменения качества подземных вод прослеживается по потоку подземных вод в сторону его транзита, где располагаются многочисленные водозаборы, снабжающие водой другие населенные пункты РСО-А.

Первый от поверхности Земли водоносный горизонт четвертичных отложений не защищен от загрязнения, несмотря на значительную мощность зоны аэрации в юго-восточной части артезианского бассейна (100–150 м). По всей площади указанной территории в разрезе отсутствуют водоупорные слои, которые препятствовали бы проникновению в водоносный горизонт загрязнителей техногенного характера. Как известно, такими потенциальными загрязнителями являются промышленные отходы заводов ОАО «Электроцинк» и «Победит», достигающие 1–4 классов опасности, которые уже несколько десятилетий размещаются на площадках в северной части г. Владикавказа. Миграции загрязняющих веществ через зоны аэрации способствуют инфильтрующиеся в грунты атмосферные осадки в количестве 900–1200 мм/год. Вредные химические вещества постоянно вымываются атмосферными осадками из отвалов клинкера. Поскольку основания полигонов не оборудованы непроницаемыми экранами, растворы проникают в зону аэрации и загрязняют грунтовые воды [4]. Как известно, окисление определенных минералов генерирует свободную серную кислоту, которая попадая в пористую среду водоносного горизонта, стимулирует выщелачивание горных пород, в результате чего ниже по потоку от указанных отвалов подземные воды уже становятся сульфатными, а содержание в воде гидрокарбонатов и кальция увеличивается в несколько раз [3].

Для предотвращения катастрофических последствий происходящего, необходимо осуществление безотлагательных первоочередных мероприятий:

1. Организация мониторинга подземных вод в черте Осетинского артезианского бассейна по всем действующим скважинным водозаборам.

2. Проведение эко-инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий на площадках размещения промышленных отходов ОАО «Электроцинк» и «Победит».

3. Анализ данных и оперативное принятие необходимых мер позволит исключить потерю огромнейшего природного резервуара питьевой воды великолепного качества, с прогнозными ресурсами около 1200 тыс. м³/сутки, значение которого для Республики Северная Осетия – Алания трудно переоценить.

Литература

1. Джгамадзе А. К. Отчет о результатах поисково-оценочных работ в южной части Осетинской наклонной равнины для водоснабжения г. Владикавказа в период чрезвычайных ситуаций за 2005–2006 гг.—Владикавказ: ТГФ ФГУ «Севосцентрводресурсы».
2. Пащенко В. И. Отчет о результатах гидрогеологических исследований на участке недр, предоставленному ООО «Агрофирма-ФАТ» с подсчетом эксплуатационных запасов подземных вод по состоянию на 10.07.07.—Владикавказ: ТГФ ФГУ «Севосцентрводресурсы».
3. Результаты химических анализов подземных вод.—Владикавказ: Центральная лаборатория ФГУ «Севосцентрводресурсы».
4. Свистунов Н. В. О переработке отвалов клинкера ОАО «Электроцинк» // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования.—Владикавказ: Терек СКГМИ, 2004.—605 с.

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ Г. ВЛАДИКАВКАЗА

Джгамадзе А. К.

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Город Владикавказ расположен в южной части Осетинской наклонной равнины. Ее территория и г. Владикавказа имеют равнинный характер с незначительными углами наклона 3–5° на север. Осетинская на-

клонная равнина представляет глубокий прогиб, выполненный флювиогляциальными и аллювиальными отложениями верхнего плиоцена — четвертичного возраста. Четвертичные отложения, имеющие флювиогляциальное и аллювиальное происхождение, представлены слабо сцементированными галечниковыми материалами, с включениями валунов с прослоями и линзами песков и глин.

Распространение и состав четвертичных флювиогляциальных и аллювиальных образований Осетинской наклонной равнины тесно связаны с фазами четвертичного оледенения. Современный облик поверхности территории г. Владикавказа сформировался, в основном, в плейстоцене в результате трех важнейших явлений: а) оледенения; б) неотектонических движений и в) эрозионно-аккумулятивной деятельности р. Терек. Среди четвертичных флювиогляциальных и аллювиальных образований выделяются горизонты селевого типа, содержащие глыбы размером 3–4 м в поперечнике. В верхней части разреза появляются супесчано-суглинистые горизонты, что свидетельствует о том, что в начальной фазе преобладал вынос крупнообломочного материала, связанный с нарастанием ледниковых явлений, а во второй фазе объем жидкого стока сокращался, климат становился суше, в составе твердой составляющей речных стоков преобладают мелкозем песчаной и суглинистой размерности.

Наибольшее распространение в пределах г. Владикавказа имеют галечники, глины и суглинки.

Глины Рисской ледниковой эпохи развиты в южной и юго-восточной части города по правому борту р. Терек, образуя первую террасу. Высота уступа ее в пределах города составляет 6–8 м. Далее, в направлении на север, располагаются площадки второй и третьей террас. Высота над урезом р. Терек второй террасы — 2–5 м, а третьей — 4–7 м.

Основная часть территории г. Владикавказа располагается на второй террасе р. Терек, она развита узкими участками на обоих берегах реки.

Учитывая небольшую мощность покрова Вюрмских суглинков, перекрывающих галечники на второй и третьей террасах (до 2 м), при строительстве зданий и сооружений желательно устройство фундаментов на глубине развития галечниковых отложений.

Разнообразен гранулометрический состав галечников, он изменяется от крупных валунов 1–2 м и более в поперечнике до более мелкой гальки, песка, глины, пыли. Количество обломков и заполнителя распределено неравномерно. По данным опробования галечных отложений в черте г. Владикавказа, установлено, что флювиогляциальные галечные образования характеризуются значительным составом материала-

заполнителя, представленным суглинистым, песчаным и гравийным материалом. Основную массу галечных отложений составляет хорошо окатанная галька (200–10 мм) — 63% и гравий (10–2 мм) — 13,2%, содержание валунов увеличивается с глубиной. Породы, как правило, влажные. Суммарная кривая гранулометрического состава пород (галечников) приводится на рис. 1.

Нормативное значение плотности галечниковых грунтов — 2,23 т/м³, модуль деформации — 36 мПа, угол естественного откоса — 33–40°. Коэффициент фильтрации галечников с гравийно-песчано-глинистым заполнителем равен 5–10 м/сутки. Допустимая статическая нагрузка 3,0–5,0 кГ/см². Мощность четвертичных галечных отложений составляет около 250 м.

В пойме р. Терек залегают аллювиальные валунно-галечниковые отложения с песчаным заполнителем. Их мощность достигает 10 м и местами обводнены. Эти зоны имеют ограниченное распространение, как в плане, так и в разрезе (до 2–3 м).

Постоянный водоносный горизонт грунтовых вод в галечных отложениях в пределах г. Владикавказа залегает на глубине 150 (на юге) – 110 м (на севере).

Суммарная кривая гранулометрического состава галечников

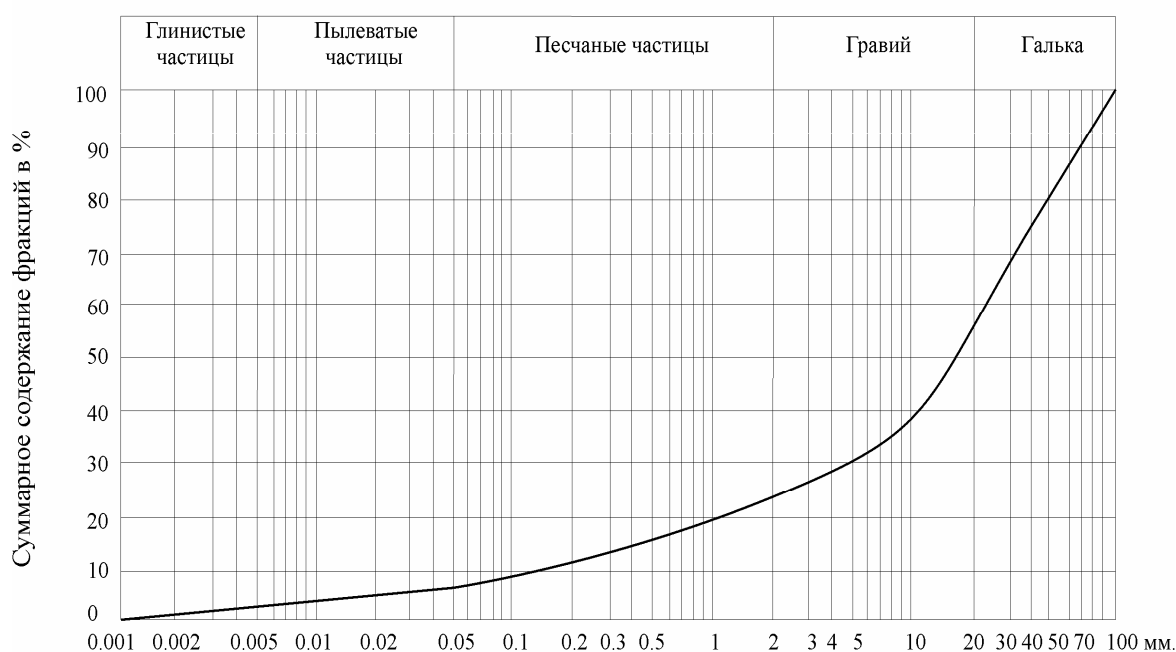


Рис. 1.

Литература

1. Джгамадзе А. К., Колесникова А. М. Сбор и обобщение инженерно-геологических материалов по г. Владикавказу для создания карты сейсмического микрорайонирования: Отчет о НИР.— Владикавказ: ГФЦЭД ВНЦ и РСО-А, 2007.

РОЛЬ ОБВОДНЕНИЯ ТИПА «ВЕРХОВОДКИ» ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ВЛАДИКАВКАЗА

Джгамадзе А. К., Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Территория г. Владикавказа сложена толщей аллювиально-флювиогляциальных гравийно-галечниковых отложений, залегающих с поверхности, или перекрытых пролювиально-делювиальными глинисто-суглинистыми грунтами. Мощность суглинков колеблется от 1–2 м в равнинной части до 20 и более метров на террасах и склонах.

Бурением гидрогеологических скважин установлено, что глубина залегания постоянного водоносного горизонта грунтовых вод на территории города Владикавказа колеблется в пределах 125–160 м.

Изучением результатов ранее проведенных работ установлено, что на небольших глубинах встречаются отдельные «участки водонасыщения» или так называемые верховодки, ограниченные по мощности и по площади распространения. Верховодка встречается как в галечниках, так и в глинисто-суглинистых грунтах. Она связывается исключительно с местными условиями, чаще всего с микрорельефом (впадины, канавы, ложбины и пр.), обуславливающими задержание талой и дождевой воды. Задерживаясь, вода проникает вглубь, напитывая грунты, затем, испаряясь (в связи с повышенным испарением с поверхности), образует «подвешенные участки водонасыщения».

Что касается верховодки, образующейся в галечниках, ее образование несколько иного характера. Если обратить внимание на механический состав галечникового грунта, видим, что он состоит из валунов, гальки, гравия и заполнителя — песка или глинисто-суглинистого материала. Так вот, исследования показывают, что верховодка образуется на

участках, где заполнитель содержит значительную примесь глинисто-суглинистого материала. Глубина залегания верховодки, как правило, незначительная (до 10 м), мощность до 1 м, иногда больше. Ниже водонасыщенных грунтов породы более «промыты», и влажность с глубиной постепенно уменьшается. Таким образом, и в этом случае, как и в случае с глинисто-суглинистыми отложениями, насыщение верхних слоев грунта осуществляется поверхностными водами, задерживающимися на первом относительном водоупоре. Внесение глинистых частиц в толщу грунта просачивающейся водой происходит до определенной глубины, далее ток воды замедляется и глинистые и илистые частицы откладываются, образуя слабопроницаемый слой, играющий роль относительного водоупора. Подпитывание верховодки может происходить не только сверху, но и со стороны, где галечники не покрыты с поверхности глинисто-суглинистым чехлом и имеют уклон в сторону верховодки. Различными уклонами и боковым подпитыванием и объясняется некоторая напорность описываемых вод. При выклинивании на поверхности водонасыщенные слои дают незначительные по дебиту родники, довольно часто встречающиеся в этом районе. Режим описываемых вод имеет сезонный характер и непосредственно связан с выпадением атмосферных осадков.

Одним из типов вод среди описываемых в данном районе являются воды пойменные, образующие подрусловый поток воды под р. Терек.

Гидрогеологические условия поймы Терека отмечаются некоторым своеобразием, обусловленным кольматирующим действием взвешенных частиц, приносимых рекой в громадном количестве. Внесенные водой в толщу галечников илистые частицы забивают промежутки в массе грунта и значительно уменьшают коэффициент фильтрации. Внедрение частиц может идти только до определенной глубины, ниже которой лежит уже чистый, не загрязненный аллювий. В кольматированной зоне движение воды происходит с меньшими скоростями, в некальмотированной — с гораздо большими.

Способностью воды р. Терек быстро и сильно кольматировать грунт и создавать непроницаемую илистую оболочку объясняются и случаи проходки сухих или слабо водоносных шурфов у самого уреза воды в пойме Терека или на берегах.

Полное приращение балльности грунтов равно сумме приращения получаемой путем использования способа сейсмических жесткостей

С. В. Медведева с продольными, не очень надежными для сейсмического микрорайонирования (СМР) волнами или поперечными и слагаемого, учитывающего обводненность грунтов. Приращение балльности ΔI , обусловленное обводненностью грунтов на основе учета уровня грунтовых вод $h_{\text{угв}}$ в 1969 г. согласно первым Рекомендациям по СМР (1973 г.) рассчитывалось по формуле (Медведев С. М., 1962 г.):

$$\Delta I = e^{-0,04h_{\text{угв}}^2} \quad (1)$$

Рекомендациями по СМР (1985 г.) в указанную формулу дополнительно был введен коэффициент K :

$$\Delta I = K e^{-0,04h_{\text{угв}}^2}, \quad (2)$$

где $K=1$ для глинистых и песчанистых грунтов; $K=0,5$ для крупнообломочных грунтов с содержанием песчано-глинистого заполнителя не менее 30% и сильновыветрелых скальных грунтов; $K=0$ для плотных крупнообломочных грунтов из магматических пород с содержанием песчано-глинистого заполнителя до 30% и слабо выветрелых скальных грунтов; $h_{\text{угв}}$ — уровень грунтовых вод.

Если приращение за счет обводненности достигнет значимых величин балла, то рассматривая 10–30 метровую мощность грунта, видно, что весовой вклад 2–3 метровой толщи с повышенной сейсмичностью, фактически, не изменит приращения балльности за счет приращения, обусловленного собственно физико-механическими свойствами грунтов.

Выводы

1. На территории расположения г. Владикавказа первый от поверхности постоянный водоносный горизонт безнапорных подземных вод залегает на глубине 160–110 м, (160 м в южной части и 125 м в северной части города).

2. В пределах характеризуемой площади влияние временной «верховодки», формируемой в виде природного или техногенного обводнения галечников мощностью 1–2 м в верхней десятиметровой толще мощных валунно-галечниковых отложений (до 300 м) не приведет к повышению расчетной интенсивности соответствующих участков.

ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ НА ВОЛНОВОЕ ПОЛЕ МИКРОСЕЙСМ

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.,
Дзеранов В. Б., Мельков Д. А., Кануков А. С.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Влияние грунтовых условий на сейсмический эффект является одной из важнейших задач при оценке сейсмической опасности территории. Многие примеры катастрофических последствий землетрясений показывают необходимость адекватных процедур анализа и технологий при оценке сейсмической опасности и, соответственно, технологий снижения сейсмического риска.

При проведении работ по сейсмическому микрорайонированию на урбанизированных территориях в условиях низкой и умеренной сейсмической активности (отнюдь не означающей низкую сейсмическую опасность), нередко, сложно использовать прогрессивные технологии сейсмического микрорайонирования с помощью мощных невзрывных источников (Заалишвили, 1998) или организовать долговременные наблюдения, необходимые составляющие работы. В то же время известно, что микросейсмы содержат в себе важную информацию о свойствах грунтов, в которых они распространяются. Использование микросейсм представляет собой достаточно эффективный способ сейсмического микрорайонирования (СМР) на большой территории. В то же время способ микросейсм при решении главной задачи СМР может рассматриваться только как вспомогательный.

Использование микросейсм позволяет достаточно надежно выделять резонансные частоты колебаний на различных участках территории. Для выделения резонансных частот в последние годы большое распространение получил способ H/V отношений — отношение спектров горизонтальной компоненты к вертикальной (Tokimatsu et al., 1996; Заалишвили, 1997).

В процессе выполнения работ по сейсмическому микрорайонированию центральной части г. Владикавказа и строительной площадки Кавказского музыкально-культурного центра им. В. Гергиева была выполнена регистрация микросейсм на участках с различными грунтовыми условиями. Запись производилась тремя мобильными сейсмическими станциями укомплектованными регистраторами сейсмических сигналов (РСС) «Дельта-Геон», сейсмоприемниками СК-1П и блоками питания БП-9/12. Запись осуществлялась одновременно, синхронизация времени

РСС осуществлялась с помощью блока управления и синхронизации (БУС), имеющего встроенный модуль GPS. Временные поправки за период регистрации не превышали 1–2 мс. Использовался как запуск безусловной записи «по календарю», так и «принудительная запись».

Сейсмоприемники ориентировались по сторонам света и расставлялись по определенной схеме: запись осуществлялась вдоль профиля с последующим перемещением одной (или двух) станций на следующую точку профиля. Это позволяло осуществлять привязку получаемых данных вдоль всего профиля. Дело в том, что общий фон волнового поля микросейсм может изменяться во времени и одновременная регистрация в одной и той же точке в течение нескольких измерений позволяет внести специальные амплитудные поправки.

Продолжительность записи составляла 20 минут (и более), что было обусловлено большим количеством помех вызванных движением транспорта. Так, на записях микросейсм (рис. 1) отчетливо выделяются моменты прохождения в районе исследований трамваев (колебания большой амплитуды) и автотранспорта (незначительное кратковременное превышение уровня фона).

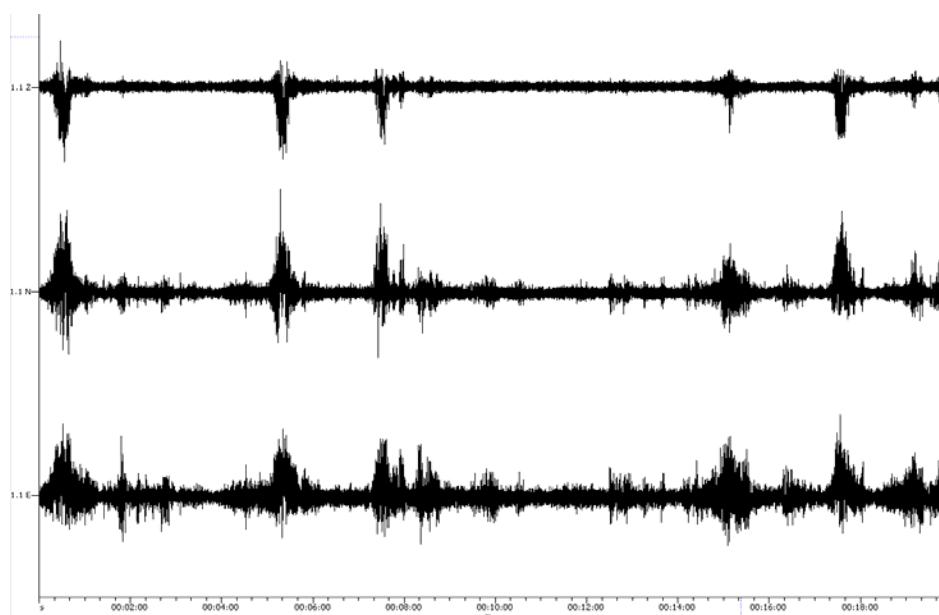


Рис. 1. Типичная запись микросейсмических колебаний на урбанизированной территории (строительная площадка Кавказского музыкально-культурного центра им. В. Гергиева, ул. Чермена Баева).

Для обработки полученных записей использовался пакет программ SESARRAY (<http://www.geopsy.org>). Данное программное обеспечение было разработано в ходе выполнения Европейского проекта исследований SESAME в результате тесного сотрудничества между двумя груп-

пами исследователей из Университета Фурье (the University Joseph Fourier), (Гренобль, Франция) и Потсдамского университета (Германия). Программа позволяет в удобной для пользователя форме просматривать записи, выделять полезный сигнал, не искаженный помехами и производить спектральный анализ выделенных фрагментов записей. Для импорта данных в программу использовался разработанный нами ранее конвертер записей в текстовый формат.

Результаты вычисления спектральных H/V отношений представлены на рис. 2. Грунтовые условия изменяются от валуно-галечников до глинистых грунтов мощностью до 20 м, причем в толще присутствуют также глины текучей консистенции (микрорайон «Весна»). Как уже отмечалось на записях, полученных для галечниковых участков, присутствует слабый («размытый») пик на частоте порядка 20 Гц (рис. 2, кривая 1). На записях микросейсм, записанных на участках, сложенных глинистыми грунтами полутвердой консистенции, подстилаемыми снизу валуно-галечниками, отмечаются пики на частоте 6 Гц (рис. 2, кривая 3). Грунтовые условия данного типа были отнесены к средним грунтовым условиям. Далее наблюдается смещение резонансного пика в сторону высокочастотной области, что обусловлено увеличением мощности глинистых грунтов (на рис. 2 показано пунктиром). Одновременно в данной частотной области наблюдается увеличение амплитуды спектральных пиков, максимальная амплитуда наблюдается на участке 5, далее амплитуда уменьшается (участок 6), но в области 0–2 Гц становится максимальной. На участке № 6 пик на спектральной кривой наблюдается на частоте 3,5 Гц, что соответствует ранее полученному результату для данного района, где пик наблюдался на частоте 3,7 Гц, различия на 0,2 Гц вероятно обусловлены тем что в данном исследовании запись микросейсм осуществлялась на дневной поверхности, а сейсмическая станция, записи которой анализировались ранее, расположена в подвальном помещении.

Таким образом, грунтовые условия оказывают значительное влияние на спектральные характеристики микросейсмических колебаний. В частности с увеличением мощности слоя наблюдается уменьшение резонансного пика колебаний, которое наблюдалось инструментально. Выделяемая отчетливая зависимость формы H/V отношений от грунтовых условий позволяет использовать их для дифференциации грунтовых условий по типу грунта.

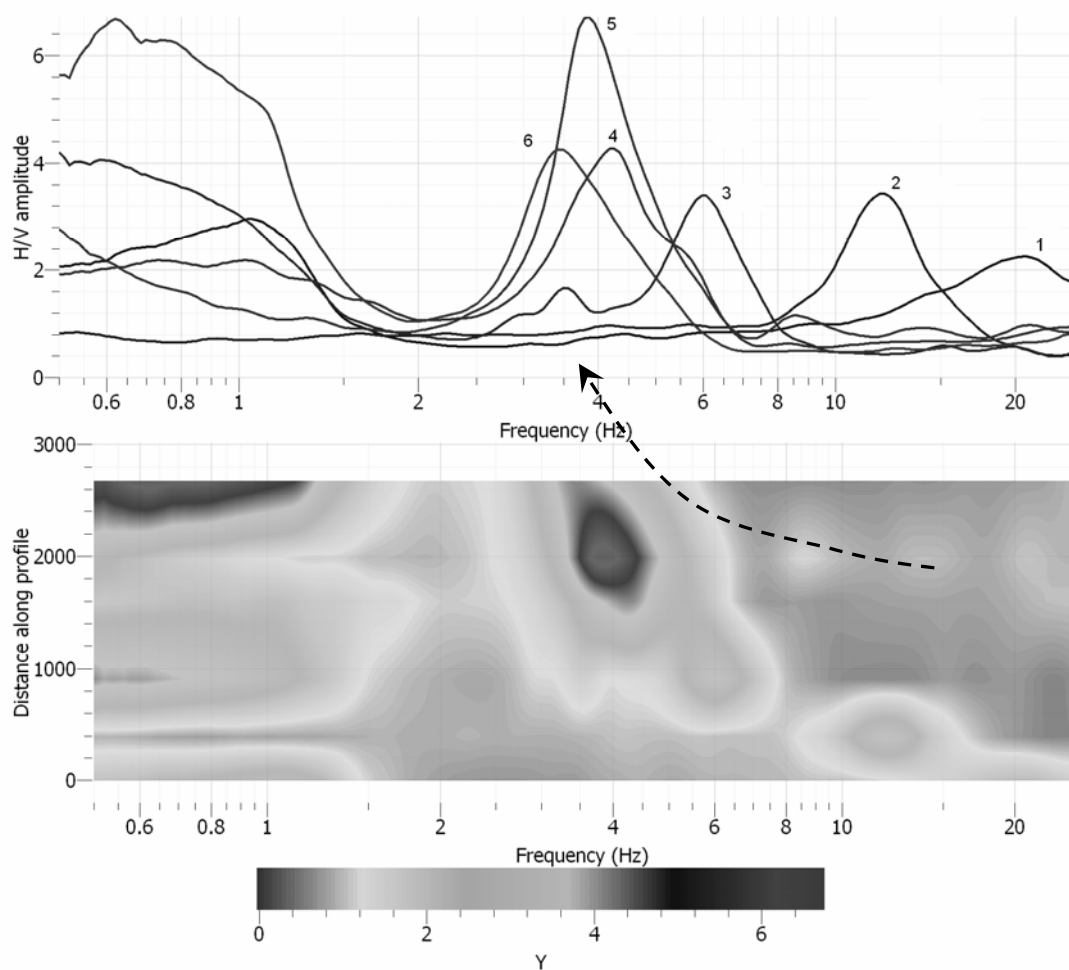


Рис. 2. Спектральные HV-отношения на участках с различными грунтовыми условиями:

- 1 – Русский драматический театр им. Е. Б. Вахтангова;
 2 – ул. Гостиева; 3 – ул. Ватутина; 4 – ул. Декабристов;
 5 – ул. Гудованцева; 6 – микрорайон «Весна».

Выводы

1. На спектральный и амплитудный состав микросейсм значительное влияние оказывают грунтовые условия участка. Наиболее отчетливо спектральные особенности участка (резонансные частоты) проявляются с помощью спектральных H/V-отношений — отношения спектра горизонтальной компоненты записи к вертикальной.

2. Записи микросейсм вдоль профиля, выполненные с шагом (25 м) показали хорошую повторяемость формы микросейсм для данных грунтовых условий. Одновременно отмечались определенные вариации, обусловленные как локальными изменениями условий (наличие подземных

коммуникаций и т. п.) так и некоторыми вариациями микросейсмического поля во времени, незначительно искажающими общий характер зависимости.

3. Зависимость формы H/V отношений от грунтовых условий позволяет использовать их для дифференциации грунтовых условий по типу грунта. Установлено, что участок строительной площадки Кавказского музыкально-культурного центра им. В. Гергиева и район расположения русского драматического театра им. Е. Б. Вахтангова (в котором установлена одна из станций городской сети сейсмологических наблюдений) относятся к одному типу грунтовых условий.

ОБ ОЦЕНКЕ ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.,
Дзеранов Б. В., Чотчаев Х. О.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),
Мажиев Х. Н., к. т. н.
(ГГНИ, Грозный, Россия)

Просадка и дополнительное уплотнение грунтов представляет собой процесс их доуплотнения, в основе которого лежит перестройка структуры — увеличение плотности упаковки структурных элементов. Начало и интенсивность процесса просадки обуславливается совокупностью условий влажностного и напряженного состояния грунтов в основаниях. Существует, как известно, минимальное значение влажности (критическое или начальное), при котором при данном (начальном) давлении начинает проявляться просадка.

Увлажнение толщи просадочных грунтов зависит от гидрогеологических условий. При относительно близком залегании водоупора инфильтрация поверхностных вод и различных утечек может привести к увеличению влажности грунта до полной влагоемкости, т. е. к образованию горизонта грунтовых вод. Если же просадочные грунты подстилаются слоем, полностью насыщенным водой, то при наличии постоянного питания в толще просадочных грунтов в пределах инфильтрационного потока величина влажности близка к полной влагоемкости.

Просадочные грунты (в основном лессовые и лессовидные) занимают около 13% площади России, причем значительная часть ее приходится на сейсмоопасные районы. На этих грунтах нередко ведется

строительство зданий и сооружений. При сейсмических воздействиях в поведении лессовых пород много своеобразия: в них образуются сейсмодислокации, сейсмические сели и просадки, а изменение приращения сейсмического балла наблюдается уже при сравнительно небольшом изменении влажности. Все это позволяет заключить, что изучение свойств просадочных грунтов имеет большое практическое значение.

Не менее велико и теоретическое значение этого вопроса, так как сильно влияние геологического и физико-географического окружения, а также изменяющейся влажности просадочных грунтов на их сейсмические свойства. Эти грунты являются по терминологии К. Кейля (Keil, 1945), переменнo-прочными образованиями. Поэтому мы будем рассматривать параметры сейсмических свойств просадочных грунтов как величины переменные, зависящие от времени, характера подстилающих пород, гидрогеологической обстановки, геоморфологических условий, климата и других особенностей географической среды.

Под сейсмическими свойствами понимается их реакция на динамические воздействия. Сюда относятся упругие, поглощающие и инженерно-сейсмологические свойства. Эти свойства характеризуются следующими параметрами.

а) упругие свойства:

- скоростями распространения продольных волн V_p ,
- скоростями распространения поперечных волн V_s ,

б) поглощающие свойства:

- коэффициентами поглощения продольных волн α_p или декрементами θ_p ;
- коэффициентами поглощения поперечных волн α_s или декрементами θ_s ;

в) инженерно-сейсмологические свойства:

- амплитудно-частотными характеристиками $S(f)$;
- сейсмическими просадками, δ_c .

Список параметров не является полным и замкнутым. В частности, в нем не нашли отражения некоторые неупругие свойства пород (пластичность, вязкость, вибровязкость и т. д.), которые можно вполне учитывать (Заалишвили, 2000).

Свойства пород, используемые при характеристике инженерно-геологических условий (плотность, пористость, влажность, пластичность, сопротивление сдвигу и сжатию, просадочность и др.), называются инженерно-геологическими свойствами.

Сейсмические свойства просадочных грунтов характеризуются своеобразными чертами, которые не имеются или слабо выражены у других пород.

Сейсмические характеристики просадочных грунтов (скорости упругих волн, константы поглощения, приращение сейсмического балла и др.) находятся в зависимости от значений влажности пород и от географической среды.

Сейсмические свойства просадочных грунтов находятся в зависимости от типа парагенетических комплексов воды в них. Главным образом при наличии диффузионного парагенетического комплекса проявляется парадоксальное свойство просадочных грунтов — падение скоростей с возрастанием значений влажности. Природа этого явления — физико-химическая, связанная с «расклиниванием» взаимосвязанных частей породы тонкими пленками воды и образованием тончайших трещин. При полном заполнении пор водой скорость продольной волны V_p резко возрастает.

При равновесных (не нарушенных техногенезом) термодинамических условиях просадочные грунты могут (для сейсмического микрорайонирования) относиться к «средним грунтам» при наличии малоподвижного парагенетического комплекса воды и не могут относиться к ним при наличии гравитационного или капиллярного комплекса. Влияние воды на величину приращения сейсмического балла оказывается различным в равновесных и неравновесных условиях.

Характерным случаем неравновесных условий является подтопление застроенных территорий, образование техногенного водоносного горизонта.

Изменение сейсмического балла при промышленной и городской застройке территорий, сложенных просадочными породами, следует считать неизбежным процессом. В зависимости от геологического строения процесс протекает различно.

В случае если просадочная толща подстилается водоупором или является обводненной в нижней своей части, происходит образование водоносного горизонта или поднятие уровня грунтовых вод существующего водоносного горизонта. Процесс обычно останавливается, когда зеркало воды достигает глубины 1–3 м от поверхности земли. При этом приращение ΔI достигает 2 баллов, что устанавливается по наблюдениям за слабыми землетрясениями и взрывами, но не выявляется способом сейсмических жесткостей С. В. Медведева.

В случае если просадочные грунты подстилаются безводными водопроницаемыми породами, после застройки территории водоносный горизонт обычно не образуется, но происходит повышение влажности просадочных грунтов до 20–24%. В этом случае, если первоначальная влажность пород была меньшей, происходит некоторое падение прочности структурных связей и возникает предрасположенность пород к

сейсмическим просадкам. Вопрос о величине приращения сейсмического балла или интенсивности в этом случае требует дополнительного изучения.

Для неравновесных условий (при разных парагенетических комплексах влаги) характерны явления сейсмических просадок — уплотнения породы при прохождении сейсмических волн.

Установление критериев сейсмических свойств просадочных грунтов даст возможность составлять прогнозные карты сейсмического микрорайонирования.

ДИНАМИКА СХОДА ЛЕДНИКА КОЛКА. ЧИСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.,
Малиев И. Н., к. ф.-м. н., **Дзедоев Б. А.**
(ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Целью данной работы является численное моделирование процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 г. В основу математической модели было положено уравнение, использованное в работе [2], где была предпринята попытка аналитически рассчитать динамические параметры ледника, предполагая, что коэффициенты «сухого» трения и шероховатости известны. Дифференциальное уравнение имеет вид:

$$\frac{dV}{dt} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - gk^2 V^2, \quad (1)$$

где V — скорость движения ледово-каменного потока, t — время, α — угол наклона склона, по которому скользит ледник; μ — коэффициент «сухого» (кулоновского) трения, k — коэффициент турбулентного трения, зависящий от геометрии тела. Данное уравнение описывает динамику твердого тела, скользящего по наклонной поверхности.

Уравнение (1) может быть проинтегрировано в квадратурах (в аналитическом виде). Однако в полученные формулы будут входить коэффициенты μ и k , которые для ледниково-каменной массы являются неизвестными. Для их определения был использован подход, предложенный Шейдеггером [3]. Именно, в получаемые формулы входят известные нам величины t и s (время прохождения и длина соответствующих

участков), а так же коэффициенты μ и k . Полагаем один из коэффициентов равным нулю. Решаем соответствующее дифференциальное уравнение. Получаем решение, из которого, как из уравнения, находим соответствующий коэффициент. Затем, используя значение полученного коэффициента, подставляем его в общее решение. Снова получаем уравнение, в которое входит как уже известный нам коэффициент, так и тот, который мы ранее приняли за ноль, а теперь считаем неизвестной величиной. Решая данное уравнение, находим значение этого коэффициента. Теперь, уже зная значения коэффициентов и время прохождения участка, получаем из соответствующих формул скорость в конце данного участка.

Приведем соответствующие расчеты. Сначала рассмотрим случай когда $k = 0$ (турбулентное трение отсутствует). Имеем исходное уравнение

$$\frac{dV}{dt} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha). \quad (2)$$

Его решение $s = V_0 t + \frac{gAt^2}{2}$, где использовано обозначение $A = \sin \alpha - \mu \cos \alpha$. Из этого уравнения находим μ . По полученному μ вычисляем скорость по формуле $V = V_0 + gAt$, где V_0 — скорость в начале соответствующего участка. Теперь считая значение μ известным, получим коэффициент турбулентного трения. Именно, исходное уравнение теперь имеет вид:

$$\frac{dV}{dt} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - gk^2 V^2. \quad (3)$$

Его решение имеет вид:

$$e^{2gkt\sqrt{A}} = \left| \frac{Vk + \sqrt{A}}{Vk - \sqrt{A}} \right| |\chi|, \quad (4)$$

где $\chi = \frac{V_0 k - \sqrt{A}}{V_0 k + \sqrt{A}}$. Раскрывая модули, получим уравнение для V , интегрируя которое по t получаем выражение, в которое входят известные нам s , t и μ . Из полученного уравнения находим k . Далее, используя полученные значения коэффициентов μ и k , вычисляем скорость.

Аналогичное рассмотрение можно провести для случая, когда на первом этапе мы принимаем $\mu = 0$ (отсутствует «сухое» трение). Решение соответствующего дифференциального уравнения имеет вид:

$$e^{2gkt\sqrt{\sin \alpha}} = \left| \frac{Vk + \sqrt{\sin \alpha}}{Vk - \sqrt{\sin \alpha}} \right| |\chi|, \quad (5)$$

где $\chi = \frac{V_0 k - \sqrt{\sin \alpha}}{V_0 k + \sqrt{\sin \alpha}}$. Действия аналогично предыдущему случаю находим k , а затем μ .

Нами были проведены расчеты для различных значений V_0 (0 м/с, 10 м/с, 20 м/с). Для каждого из этих случаев были вычислены значения μ , k и V . Наиболее приближенными к реальным нам кажутся следующие значения:

№ участка	Входные данные	Полученные результаты
I	$\alpha = 14^\circ$, $S = 3700$ м, $t = 56$ с, $V_0 = 10$ м/с	$\mu = 0,0389$, $K = 0,0046815$, $V = 50,11$ м/с
II	$\alpha = 9^\circ$, $S = 4900$ м, $t = 59$ с, $V_0 = 50,11$ м/с	$\mu = 0,0431$, $K = 0,00010726$, $V = 115,98$ м/с
III	$\alpha = 4^\circ$, $S = 7750$ м, $t = 92$ с, $V_0 = 74,69$ м/с	$\mu = 0,1404$, $K = 0,000087035$, $V = 52,51$ м/с

Данные по α , t , s и деление на три участка взяты из статьи [1].

Выводы

1. Используя модель статьи [2] и подход, предложенный в [3], получены коэффициенты «сухого» и турбулентного трения на участках I–III.

2. Полученные коэффициенты позволили рассчитать скорости в концах соответствующих участков, хорошо согласующиеся с результатами работ [1, 2].

Литература

1. Заалишвили В. Б., Мельков Д. А. Особенности движения ледово-каменной массы 20 сентября 2002 г. по сейсмологическим и геоморфологическим данным // Опасные природные и техногенные геологические процессы на гор-

- ных и предгорных территориях Северного Кавказа.—Владикавказ: ВНИЦ РАН и РСО-А, 2008.—С. 185–195.
2. *Музаев И. Д., Малиев И. Н., Дзедоев Б. А.* Фрикционная математическая модель динамики гляциального селевого потока // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа.—Владикавказ: ВНИЦ РАН и РСО-А, 2008.—С. 325–330.
3. *Шейдеггер А. Е.* Физические аспекты природных катастроф.—М.: Недра, 1981.—С. 9–10.

РАЗВИТИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н., **Невская Н. И.,** к. г.-м. н.,
Забирченко Д. Н., Кануков А. С., Мельков Д. А.
(ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

В отчетный период за счет информации по станциям Северного Кавказа существенно пополнена база данных сейсмических наблюдений. Обработка накопленных данных позволит выполнить статистический анализ отдельных параметров и уточнить сейсмическую характеристику территории республики для последующего более обоснованного прогноза событий.

Сотрудниками ЦГИ выполнена совместная обработка данных сейсмических наблюдений Кармадонского (Северо-Осетинского) и Кавминводского полигонов.

Для обработки данных сейсмических наблюдений применяется целый комплекс компьютерных программ по методике центра «ГЕОН»: Detrace, Hupoellipse, а также программное обеспечение, разработанное в ЦГИ.

Выполнению совместной обработки данных сейсмических наблюдений предшествовал комплекс необходимых подготовительных работ. Создана общая база данных, включающая данные Кавминводского полигона.

При совместной обработке данных сейсмических наблюдений по станциям Кармадонского параметрического полигона и ФГУПП «Кавказгеолсъёмка», необходимо было проведение работ по проверке идентичности работы аппаратуры указанных сетей.

Для этого выполнен демонтаж станций Кармадонского параметрического полигона с последующей их установкой в одном пункте наблюдений на территории г. Владикавказа. Проведение работ по демонтажу выполнялось по действующему графику поездок. Подобная процедура ранее выполнялась нами при передаче станций Альфа-Геон в ГС РАН.

В результате сверки установлена идентичность работы аппаратуры, позволяющая проведение последующих стадий обработки.

В процессе дальнейшей обработки данных по принятой в ЦГИ методике выполнена совместная выборка событий, зарегистрированных локальными сетями сейсмологических наблюдений Кармадонского и Кавминводского полигонов. Анализ результатов выборки показал увеличение возможностей сетей за счет совместной обработки данных. Число дополнительных станций составило 10, таким образом, число пунктов наблюдений, по которым производилась выборка событий, составляет 15. При совместной обработке данных выявлено около трехсот землетрясений и сейсмических событий.

Это явилось основанием разработки конфигурационного файла (станционный лист) для выполнения локализации событий по записям двух указанных сетей.

Станционный лист представляет собой текстовый файл строго определенного формата. Он составляется в соответствии с требованиями инструкции и содержит информацию о координатах сейсмических станций, реалистичной скоростной модели среды, характеризующей пространство под площадью станционной сети, тесты и установки, необходимые для работы программы, другую информацию.

Скоростная модель среды задается, как правило, в виде последовательности слоев в земной коре с плоскими и параллельными границами раздела, при этом каждый слой характеризуется скоростью сейсмических волн в нем и мощностью.

Для территории Республики и сопредельной территории станционный лист составлен исходя из следующих условий расчетов параметров каталога: определение магнитуды по амплитуде сигнала, скоростной модели среды, и наблюдательной сети, состоящей из 15 станций. При изменении принятых условий расчетов и отдельных параметров станционный лист необходимо отредактировать в текстовом редакторе, строго соблюдая требования инструкции.

Программа Hypoellipse (VAX/SUN/PC Version 2.06 February 1989) предназначена для сводной обработки сейсмических данных и получения оценок параметров гипоцентров сейсмических событий по группе станций.

Для запуска программы принят файл в формате *.STZ, составленный с учетом названных выше условий. Это стационарный лист и в настоящей работе он имеет название HEADER_CARD.STZ, так как содержит все установки пользователя.

Результаты совместной локализации представлены на карте сейсмичности, составленной по данным Кармадонского (Северо-Осетинского) и Кавминводского полигонов, которая приводится на рис. 1.

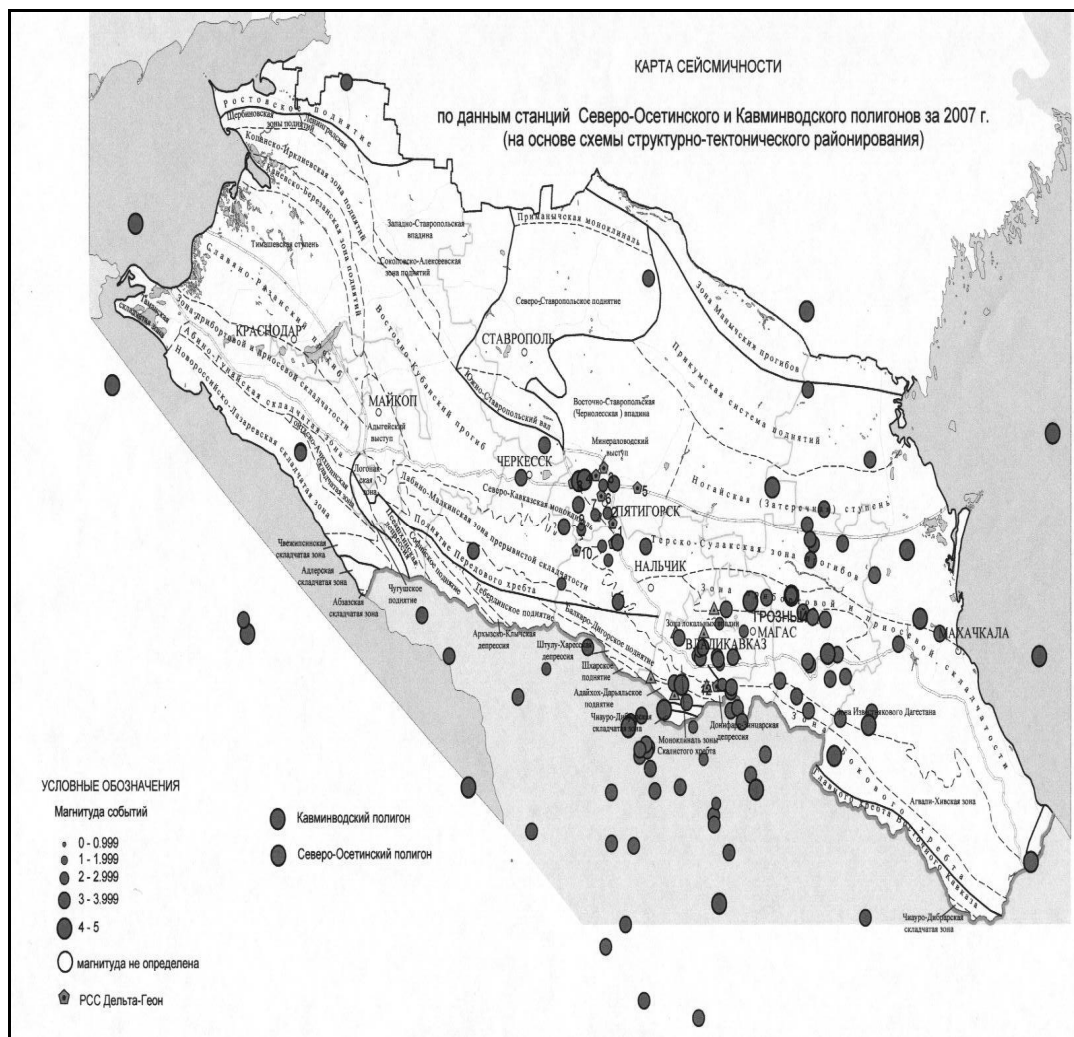


Рис. 1. Карта сейсмичности по данным станций Кармадонского (Северо-Осетинского) и Кавминводского полигонов.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НАД ВУЛКАНИЧЕСКИМИ ПОСТРОЙКАМИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.,
Невский Л. Н., Трофименко С. Н.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Гравитационное поле Центрального Кавказа представляет собой сложную картину, напряженность его меняется в пределах 200 мГл. Одной из особенностей поля силы тяжести является наличие над районом Приэльбрусья самых минимальных для Большого Кавказа значений. И в то же время относительными максимумами характеризуются район Казбека, зона Передового хребта и Кавминводский выступ. Сложное геологическое строение верхней части земной коры Центрального Кавказа обусловило большое количество положительных и отрицательных аномалий гравитационного поля более высоких порядков. Предкавказье характеризуется несколько пониженными значениями линейно-мозаичного поля силы тяжести.

Локальные гравитационные аномалии ориентированы в северо-западном направлении и расположены к простиранию структур современного тектонического плана под углом, возрастающим с запада на восток. Под углом к общекавказскому простиранию расположены не только локальные гравитационные аномалии, представляющие собой результат вычитания из наблюденного поля регионального фона.

Гравитационное поле в целом отражает региональный рельеф фундамента и, в определенной мере, его внутреннюю структуру — в среднем до 4–5 км. Для Осетинской впадины характерна значительная глубина залегания палеозойских толщ (до 10–12 км) и соответственно отрицательные значения гравитационного поля.

В региональном плане гравитационное поле определяется, прежде всего, глубинным строением земной коры. Природа крупного Эльбурского минимума связывается со значительным погружением поверхности Мохо (до 55–60 км) и резким увеличением мощности условного гранитного слоя, включающего осадочный чехол. Вулкан Эльбрус характеризуется дополнительно локальным минимумом поля силы тяжести. Ему отвечает объект грубо сферической формы (диаметр 10–15 км) с экстремально низкой плотностью $(2,1\text{--}2,3) \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, залегающий на глубине первых километров. Аномалиями меньшей интенсивности от-

мечаются области развития молодого вулканизма Чегемского нагорья и эльджуртинских гранитов в долине р. Баксан (плотность $2,57 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$).

Относительно положительные значения гравитационного поля Казбекского блока определяются слоем земной коры, согласно расчетам, с избыточной плотностью $0,15 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, верхняя и нижняя границы которого находятся на глубинах порядка 0,5 км и 4,5 км. Слой может соответствовать толще глубоководных нижнеюрских осадков с продуктами основного магматизма (дайки, интрузии, силлы Казбекского диабазового пояса), залегающей на кристаллическом фундаменте. Вершины гор Тепли и Казбека не сопровождаются локальными гравитационными аномалиями. Поэтому предполагать здесь наличие каких-либо «очаговых» объектов, в частности, разуплотненных по аналогии с Эльбрусским вулканом по гравиметрическим данным, нет оснований.

Главный Кавказский надвиг, фиксируется повышенными градиентами гравитационного поля. Учитывая зону сопряжения крупных гравиметрических аномалий разного знака над структурой Главного Кавказского хребта, предполагается наличие крупного поперечного глубинного разлома — Ардонского. Ширина его зоны по комплексу данных достигает 10–20 км, азимут простирания СВ 6° – 14° . Ардонский разлом делит рассматриваемую территорию на два блока — Эльбрусский и Казбекский, значительно отличающиеся по геолого-геофизическим характеристикам.

Центральный Кавказ является в региональном плане областью отрицательных значений магнитного поля. Причем, отрицательное, мозаичное магнитное поле Главного хребта осложнено положительными локальными аномалиями с амплитудой до $(7\text{--}10) \times 10^2 \text{ нТл}$, а в районах развития молодого вулканизма (горы Эльбрус, Казбек и Тепли, Чегемское нагорье и площадь в верховьях реки Терек) локальными знакопеременными аномалиями до $(10\text{--}12) \times 10^2 \text{ нТл}$.

Довольно интенсивные магнитные аномалии Эльбруса связываются с излившимися лавами и туфами липаритов. Аномалии разного знака в несколько тысяч нанотесл наблюдаются над Чегемским нагорьем. В районах Казбека и Тепли магнитные разности пород представлены в значительно меньшем объеме.

Территория распространения байоских вулканитов Южного склона Большого Кавказа и Закавказья характеризуется резко дифференцированными, ограниченными по площади локальными аномалиями магнитного поля разного знака.

Анализируя карту эпицентров всех зарегистрированных землетрясений Кавказа с древнейших времен по 2000 г. для магнитуд более 4, можно отметить, что районы молодых вулканических построек Северно-

го Кавказа характеризуются повышенной сейсмоактивностью относительно остальной территории Центрального Кавказа, хотя и магнитуда землетрясений не превышает 6. Большая их часть тяготеет к Нальчикской флекуре, — зоне сопряжения Альпийской складчатой области и Скифской платформы.

На общем сейсмическом фоне Северного Кавказа, более повышенном в восточной его части, и более слабом в западном, выделяются сравнительно узкие зоны повышенной сейсмической активности. Такие зоны располагаются согласно с продольным (кавказским) и поперечным простираением крупных тектонических структур.

Почти непрерывная продольная сейсмическая зона протягивается вдоль всего южного ограничения мегантиклинория Большого Кавказа.

На Северо-Западном Кавказе к этой зоне приурочена повышенная сейсмичность района Сочи-Туапсе. На Северном склоне продольные зоны сгущения эпицентров землетрясений намечаются в Терско-Сунженской области, в Северном Дагестане (район низовьев реки Сулак) и на побережье Каспийского моря в районе Дербента.

Одна из поперечных зон повышенной сейсмической активности проходит вдоль восточной границы Эльбруско-Ставропольского поперечного поднятия. К ней относится Минераловодский сейсмический район с силой землетрясений до 7 баллов. К востоку от нее отчетливо намечаются еще две поперечные полосы сгущения эпицентров землетрясений: одна из них проходит в районе Казбека, Терека и Сунжи, другая — по западной окраине «Дагестанского клина». На крайнем западе поперечная зона сгущения эпицентров намечается вдоль меридиана горы Фишт.

Намеченные узкие продольные и поперечные зоны повышенной сейсмичности характеризуются наибольшей контрастностью новейших движений. Проявления сейсмической активности здесь связаны с глубинными долгоживущими разломами, по которым дифференцированные движения происходят и в настоящее время. Продольные сейсмические зоны, как предполагают, связаны со структурами менее глубокого заложения, а поперечные зоны сейсмической активности приурочены к глубоким тектоническим швам.

Наибольшая сейсмическая активность характерна для зон, где наблюдается пересечение глубинных разломов разного простираения и равной глубины заложения. Именно в таких структурных узлах создаются наиболее благоприятные условия для разрядки тектонических напряжений, вызывающих их повышенную сейсмическую активность. По-видимому, лучшим примером этого является Приказбекский сейсмиче-

ский район, для которого характерна наибольшая частота землетрясений различной интенсивности.

Для кавказских землетрясений характерна небольшая глубина их очагов (чаще всего 5–30 км.). В среднем при расчетах в зависимости от решаемых задач принимают их равными 15–20 км.

Землетрясения, связанные с продольными разрывами, имеют, как правило, менее глубокие (до 10 км) очаги, чем колебания, связанные с поперечными разломами. Наиболее глубокое землетрясение зарегистрировано в Каспийском море, к северо-востоку от Дербента, 9 апреля 1935 г.; его очаг лежал на глубине около 150 км; весьма вероятна его связь с Владикавказским разломом.

Владикавказ, расположенный в предгорьях б. Кавказа, граничит с мощными зонами ВОЗ. Более того, южная (относительно мало заселенная территория) часть города, практически, полностью расположена в пределах зоны Владикавказского сейсмогенного разлома. Хотя инструментальными наблюдениями в этом разломе зарегистрированы землетрясения с магнитудами до пяти, однако в действительности его потенциальные возможности гораздо больше.

Так, результаты исследования нашего центра, выполненные на основе использования внерегионального метода в содружестве с профессором из ИФЗ РАН им. О. Ю. Шмидта Е. А. Рогожиным показали, что максимальный потенциал Владикавказского разлома может достигать $M=7,1$ [3]. В 2007 г. этот результат был подтвержден результатами детальных сеймотектонических исследований с применением «тренинг» метода, когда было достоверно установлено, что разлом порождал в прошлом землетрясения с магнитудами около семи [2]. Активность разлома в настоящее время позволяет ожидать генерирование им сильного сейсмического воздействия, которое может привести в населенных районах к катастрофе.

Необходимо отметить, что в последнее время сейсмическая активность Владикавказского разлома несколько уменьшилась и поэтому можно полагать, что это снижение сейсмической активности разлома означает возникновение здесь «зоны затишья», которая возникает при подготовке крупного сейсмического события [1].

С учетом изложенных обстоятельств и расположения г. Владикавказа непосредственно рядом с сейсмогенным разломом **и возможного появления в нем зоны затишья**, возникает необходимость согласно работы А. К. Певнева [1] создать на Владикавказском разломе систему наблюдений, способную ответить на вопрос готовится или нет в этом разломе очаг, способный породить сильное землетрясение. Для этой це-

ли следует использовать прогнозные возможности деформационно-геодезического метода, который позволяет:

1. Определять в исследуемом участке сейсмогенного разлома местоположение готовящегося очага землетрясения, т. е. осуществлять точный прогноз места этого очага.

2. Определять размеры очага готовящегося землетрясения, что равносильно прогнозу максимальной силы будущего землетрясения.

Литература

1. Певнев А. К. О пути к реальному прогнозу землетрясений // Труды I международной конференции «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа.—Владикавказ, 2008.—С. 414–428.
2. Рогожин Е. А. Изучение следов возможных проявлений сейсмической активности в зоне Владикавказского глубинного разлома // Труды ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А.—Владикавказ, 2008.—С. 33.
3. Zaalishvili V., Nevskaya N., Harebov A. Assessment of Seismic Hazard territory of Vladikavkaz // Proceedings of V International Assembly of Asia Seismological Commission.—Yerevan, 2004.

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ОСЕТИНСКОЙ ВПАДИНЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.,
Невский Л. Н., Шемпелев А. Г., к. г.-м. н.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Основой для возможности и осуществления прямых поисков на нефть и газ является отличие физических свойств нефтегазонасыщенных залежей, а также подстилающих и перекрывающих их пород собой. Это объясняется формированием в условиях наличия нефти дополнительных физико-геологических неоднородностей, как в самой залежи, так и вокруг нее и особенно над ней (вплоть до земной поверхности). К ним относятся разуплотнение пород; растворение некоторых минералов и окисление углеводородов, приводящее к возникновению вторичных минеральных образований в порах и трещинах, например, пирита, изменение минерализации подземных вод, образование вокруг залежи субвертикальных зонально-кольцевых физико-химических и деформационных полей и т. д. Установлено, что в нефтегазонасыщенных коллекторах, а иногда и в перекрывающих породах, уменьшается акустическая жест-

кость за счет снижения скорости распространения продольных волн и уменьшения плотности, наблюдается аномальное поглощение упругих волн в нефтеносных породах, что, в целом, обуславливает отражения упругих волн от водонефтяного контактов.

В то же время косвенные геофизические поиски нефти и, прежде всего, выявление коллекторных структур, где могут иметь место нефтяные запасы, являются необходимым, но недостаточным этапом исследований, так как только треть структур, выявленных геофизическими методами и проверенных поисково-разведочным бурением, оказываются промышленно нефтегазоносными. В связи с этим важна оценка нефтегазоносности выявленных структур до вскрытия их скважинами. Использование комплекса сейсмо-, грави-, электро-, радиометрических и геохимических методов позволяет в большинстве случаев делать надежные выводы.

Над нефтегазовой залежью на фоне обычно наблюдаемого гравитационного максимума за счет антиклинальных структур и более высокой плотности подстилающих водоносных пород могут быть получены локальные минимумы поля силы тяжести малой амплитуды (0,05–1 мГал). Они обусловлены разуплотнением пород, вмещающих нефть и газ и перекрывающих их, из-за наличия углеводородов и повышения пористости, разрушенности пород в сводах антиклиналей. Вследствие немагнитности нефтегазонасыщенных пород они иногда выделяются отрицательными локальными магнитными аномалиями.

Достаточно эффективными методами для прямых поисков нефти и газа иногда оказываются электрические и электромагнитные зондирования (ВЭЗ, ВЭЗ-ВП и др.) в комплексе с сейсморазведкой. Обусловлено это тем, что нефтегазонасыщенные коллекторы выделяются повышенными по сравнению с окружающими породами удельными электрическими сопротивлениями. Это объясняется рядом факторов. Во-первых, более высоким сопротивлением самих нефтегазоносных пластов за счет наличия непроводящих ток нефти и газа в породах высокой пористости. Во-вторых, более низкой минерализацией подземных вод (в контуре нефтеносности) и их специфическим химическим составом. В-третьих, уплотнением пород за счет высокого пластового давления, а также их карбонатизации. Возможны и другие причины, увеличивающие, а иногда уменьшающие удельное электрическое сопротивление продуктивной толщи.

Магнитотеллурические исследования входят в комплекс региональных геофизических работ, проводимых по инициативе МПР РФ практически во всех крупных тектонических провинциях России. Основной целью этих исследований является обеспечение национальной минераль-

но-сырьевой базы, включающее оценку нефтегазоперспективности осадочных бассейнов и минерагеническое районирование территорий. Кроме того, стоят задачи изучения геодинамического состояния регионов, оценки развития и распространения опасных геологических процессов. В настоящем докладе приводятся результаты, полученные в последние годы в Республике Северная Осетия – Алания.

В 2001–2007 гг. ФГУПП «Кавказгеолсъемка» и ГУП «Сей-Эко-Геон» МПР РФ совместно с Владикавказским научным центром РАН и Правительства РСО-А провели комплекс геофизических исследований, включающий методы обменных волн землетрясений (МОВЗ) и магнитотеллурических зондирований (МТЗ) вдоль субмеридионального Геналдонского профиля протяженностью 60 км. Профиль проходит с северных склонов горы Казбек через город Владикавказ до реки Камбилеевка и располагается в пределах зон Складчато-глыбового поднятия Большого Кавказа (Казбекский блок) и Осетинской впадины Терско-Каспийского передового прогиба, разделенных Предкавказским глубинным разломом. Цель этих работ — выявление особенностей глубинного строения земной коры для сейсмотектонического районирования территории.

В докладе рассмотрены результаты комплекса геофизических исследований вдоль Геналдонского профиля, расположенного в пределах зон Складчато-глыбового поднятия Большого Кавказа и Осетинской впадины Терско-Каспийского передового прогиба. Под Осетинской впадиной на глубинах 6–13 км выделяется низкоомный слой со значениями электрических сопротивлений в среднем ниже 10 омметров. Породы этого слоя могут быть представлены чередованием ангидритов, галитов и гипсов. Наличие выдержанной по простиранию карбонатно-сульфатно-соленосной толщи может свидетельствовать о существовании на этом месте в титонское время палеопргиба. Данные геофизических исследований подчеркивают его грабенообразный характер.

Основные перспективы нефтегазоносности рассматриваемого региона связываются с подсолевым (оксфорд-киммеридж) комплексом пород. Однако в пределах Осетинской впадины, из-за больших глубин залегания, в настоящее время он не доступен для разработки. В то же время в качестве «емкостей» углеводородов могут выступать приграничные зоны титонского рифтообразного прогиба и структурно-тектонических блоков более высоких порядков, различные приразломные зоны дробления, а также участки разуплотнения в сводах антиклиналей соленосной и вышележащих толщ, которые, судя по аномалиям поля силы тяжести, существуют в пределах Осетинской впадины.

В частности, известные залежи нефти и газа в межсолевой толще и в подсолевых отложениях Датыхского месторождения приурочены к южной границе палеопрогиба. Перспективность зон нефтегазонакопления, тяготеющих к граничным, краевым или периферийным частям предгорных и межгорных впадин, как правило, грабенообразных, известна для Западно-Кубанского прогиба, Прикаспийской впадины и Зоны прибортовой и приосевой складчатости Дагестана. Эффективное изучение подобных перспективных площадей возможно комплексом МОВЗ, МТЗ и ЧЗ-ВП. Как подчеркивается многими геофизиками по результатам работ в различных районах Северного Кавказа, применение вышеперечисленных методов, в основном, использующих естественные источники физических полей, не требующих взрывов и мощных вибраторов, высокоэкологичны и весьма информативны для картирования локальных тектонических структур и верхнеюрских органических построек. А метод частотных зондирований в модификации вызванной поляризации (ЧЗ-ВП) может выступать и в качестве прямого метода поисков углеводородов.

Результаты исследования, выполненные в 2005 г., на основе внерегионального метода в содружестве с профессором из ИФЗ РАН им. О. Ю. Шмидта Е. А. Рогожиным показали, что максимальный потенциал Владикавказского разлома может достигать $M=7,1$ [1].

Результат этот был подтвержден данными детальных сейсмотектонических исследований с применением «тренинг» метода, когда было достоверно установлено, что разлом порождал в прошлом землетрясения с магнитудами до семи [2]. Активность разлома указывает на вероятность порождения им катастроф. Кроме того, в результате работ был выделен разлом в районе Кармадона, что хорошо согласуется с данными магнитотеллурических исследований.

Литература

1. Заалишвили В. Б., Невская Н. И. Оценка сейсмической опасности территории г. Владикавказа // VII Геофизические чтения им. В. В. Федынского.—М.: Научный мир, 2006.—С. 234–251.
2. Рогожин Е. А., Овсяченко А. Н., Мараханов А. В. Прогноз и картирование сейсмической опасности на Северном Кавказе. Результаты новых исследований // Труды международной конференции «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа».—Владикавказ, 2007.—С. 6–7.
3. Шемпелев А. Г., Невский Л. Н. Глубинное строение Осетинской впадины и перспективы ее нефтегазонаосности // Труды 3-й международной конференции «Геонауки от новых идей к новым открытиям».—СПб, 2008.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ В СЕЙСМОСТОЙКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н., **Осикин Д. Е.**
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),
Заалишвили З. В.
(ИЭ АН Грузии, Тбилиси, Грузия)

Согласно строительным нормам РФ в зонах, где могут возникать землетрясения силой семь и более баллов, должно проводиться сейсмостойкое строительство. Оно отличается от обычного осуществлением специальных антисейсмических мероприятий, цель которых — обеспечить приемлемый уровень безопасности для населения, и минимизировать материальные потери от землетрясений. Минимальные мероприятия целесообразно проводить и для застройки 6 балльных зон, так как землетрясения имеют вероятностный характер, и за большое время экспозиции уровень возможного воздействия будет, несомненно, превышен.

Антисейсмические мероприятия поглощают достаточно большие материальные ресурсы и требуют больших предварительных исследований. В связи с этим возникает вопрос об экономической эффективности их применения. Экономический эффект сейсмостойкого строительства определяется соотношением между затратами на антисейсмические мероприятия и экономией — тем сокращением убытков от землетрясений, которое достигнуто в результате этих мероприятий. Затраты складываются из дополнительных капиталовложений в строительство и затрат на предварительные исследования, таких как, например, инженерно-геологические изыскания или создание карт сейсмического микрорайонирования территории. Если первыми пренебрегать просто невозможно, то исследования сейсмологических условий территории нередко рассматриваются как дополнительные расходы и это в самых опасных сейсмических районах.

При реализации этапов сейсмостойкого проектирования и строительства сокращаются убытки, которые могут возникать от: повреждения зданий и сооружений, повреждения материальных ценностей внутри зданий, временного сокращения производства, вторичных разрушений, обусловленных повреждением зданий и сооружений (например, наводнением при повреждении плотины или пожаром при повреждении здания), ущерба, нанесенного здоровью людей и т. д. Наконец, снижаются социальные потери, в конце концов, речь идет о безопасности на-

селения. Действительно ранение или гибель людей при отдельных авариях обращает на себя внимание, а гибель, например, почти 20–30 тыс. человек при Спитакском землетрясении в Армении в 1988 г. или 2/3 маленького городка Нефтегорска на Сахалине в 1995 г. быстро забывается. Для сравнения, после гибели 6000 человек в г. Кобе в том же году (Япония, 1995 г.), власти приняли беспрецедентные меры по повышению безопасности населения. Были увеличены вложения в развитие методов инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства, увеличены фонды для аспирантов и т. д. Всего за год здесь была создана система K-NET, представляющая собой сеть из 1000 станций с телеметрической системой передачи информации, расположенная равномерно по всей территории Японии с вариацией расстояния между пунктами не более 10–15 м. Сразу необходимо отметить, что создание собственно системы наблюдений не снижает потерь. Оно является только частью, причем нередко не самой важной, всей работы по снижению риска. Развитие методики управления риском в виде, например, реализации ряда простых организационных мер может значительно больше смягчить последствия сильных землетрясений.

Подобно японским весьма активными были действия властных структур и в СССР сразу же после Ташкентского землетрясения (1966 г.). Именно тогда были созданы строительные нормы (1969 г.), ставшие основой всех последующих норм России, признанных одними из лучших в мире и т. д.

Одним из важнейших элементов управления сейсмическим риском в практическом строительстве является использование результатов сейсмического микрорайонирования территории [1]. Сейсмическое микрорайонирование, которое проводится на основе карт общего сейсмического районирования или детального сейсмического районирования, является непосредственной основой сейсмостойкого строительства, а соответствующие карты — его наиболее надежной основой. Это, при его грамотном применении, позволяет сводить сейсмический риск территории до минимума, т. е. значительно снижать потери. Экономическая эффективность сейсмического микрорайонирования территории в течение N лет, в первую очередь, связана с затратами на создание карты сейсмического микрорайонирования территории [2]:

$$E_N = \frac{P}{E_X},$$

где E_N — эффективность сейсмического микрорайонирования; E_X — затраты на проведение сейсмического микрорайонирования территории; P — экономический эффект.

Указанные затраты, как правило, рассчитываются и приводятся в смете спроектированного здания либо сооружения.

Сейсмостойкое строительство может быть необходимо и тогда, когда оно непосредственно не окупается экономически. Его цель не только предотвратить материальные убытки, но, прежде всего, обеспечить безопасность населения. Однако, сейсмостойкое строительство является лишь одним звеном в общем комплексе самых различных мероприятий по сохранению жизни и здоровья людей при землетрясениях.

Экономические ресурсы, отводимые государством на эти мероприятия в развитых странах, заметно возрастают с каждым годом. В связи с этим особую актуальность приобретает задача о наиболее целесообразном распределении ресурсов между отдельными мероприятиями и об установлении их очередности. Целесообразность определяется тем, чтобы обеспечить максимальную суммарную безопасность людей, а не просто ослабить отдельные источники опасности. При решении этой задачи важно, в частности, оценить, во что обходится каждое мероприятие (экономическая эффективность) и насколько оно повышает безопасность людей. Такую оценку для антисейсмических мероприятий нельзя выполнить чисто сейсмологическими методами; сейсмология может дать лишь часть необходимых исходных данных. Количественным выражением указанной эффективности может быть математическое ожидание тех потерь, которые в течение года предотвращаются благодаря антисейсмическим мероприятиям, проведенным на площади в один квадратный километр.

Таким образом, работы важнейшей части инженерной сейсмологии в виде сейсмического микрорайонирования, и, в целом, сейсмостойкое проектирование и строительство должно рассматриваться не изолированно, а как органическая составная часть всего комплекса народнохозяйственных мероприятий по обеспечению безопасности населения и предотвращению материальных убытков от последствий таких опасных природных явлений, как землетрясения.

Литература

1. Заалишвили В. Б. Физические основы сейсмического микрорайонирования.— М.: ОИФЗ РАН, 2000.—367 с.
2. Заалишвили З. В. Экономическая эффективность проведения сейсмического микрорайонирования территории // Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе.—Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2006.—С. 325–336.

СИГНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ГОРНЫХ РЕГИОНАХ ПОСЛЕ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н., **Симакин А. Г.**
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

В период после сильных и разрушительных землетрясений и других природно-техногенных катастроф, нередко происходящих в ночное время, важное значение играет техническая оснащённость спасательных команд. Учитывая, что в условиях тотальных разрушений спасение людей, происходит в первые часы, достигая 60–70% от общего числа спасённых, использование световых систем спасения крайне важно.

В условиях горного региона Кавказа при сходах лавин, оползней и т. д. очевидна необходимость в современных устройствах — светосигнальных проблесковых огнях.

Из опыта проведенных экспериментальных работ установлена зависимость дальности видимости белых импульсных огней в ночное время, дальность видимости с Земли на склон возвышенности до 8 км при длительности вспышки $\tau = 0,975$ мсек.

На основе приведенных данных и рассматривая варианты схемных решений, на базе интегральных элементов, был разработан светосигнальный маяк универсального применения, как для горной местности, так и водной акватории.

При разработке малогабаритного проблескового маяка «ОМП-2М», прежде всего, изучены требования международного класса применения.

Так устройство должно иметь цветность в пределах границ «белой» площади диаграммы, указанной для каждого цвета. Координаты цветности определялись в пределах границ площади белых цветов.

$$X - 0,500; 0,500; 0,440; 0,300; 0,300; 0,440.$$

$$Y - 0,382; 0,440; 0,433; 0,344; 0,278; 0,382.$$

Световая величина эффективной силы света проблесковых маяков обеспечила требования.

Целью настоящей работы являлось определение на основе экспериментов, а также литературных данных достаточно надежных закономерностей восприятия проблесковых огней на основе импульсных газоразрядных источников света, стабильно работающих в частотном режиме,

при напряжении питания 180–250 Вольт, таким образом была модернизирована лампа ФП-0,015 с учетом поставленной задачи.

Пространственное распределение освечивания спасательного маяка серии ОМП показано на рис. 1.

По мере того, как увеличивалось практическое применение проблесковых огней в сигнализации и увеличивался объем исследований восприятия проблесковых огней, становилось ясным, что основным преимуществом этих огней, по сравнению с постоянными, являются большая заметность, отличимость от постоянных огней, возможность получения новых световых эффектов, а также большая экономичность систем с проблесковыми огнями, особенно важная в системах с автономным питанием, как в поисковых спасательных операциях, так и в экспедициях.

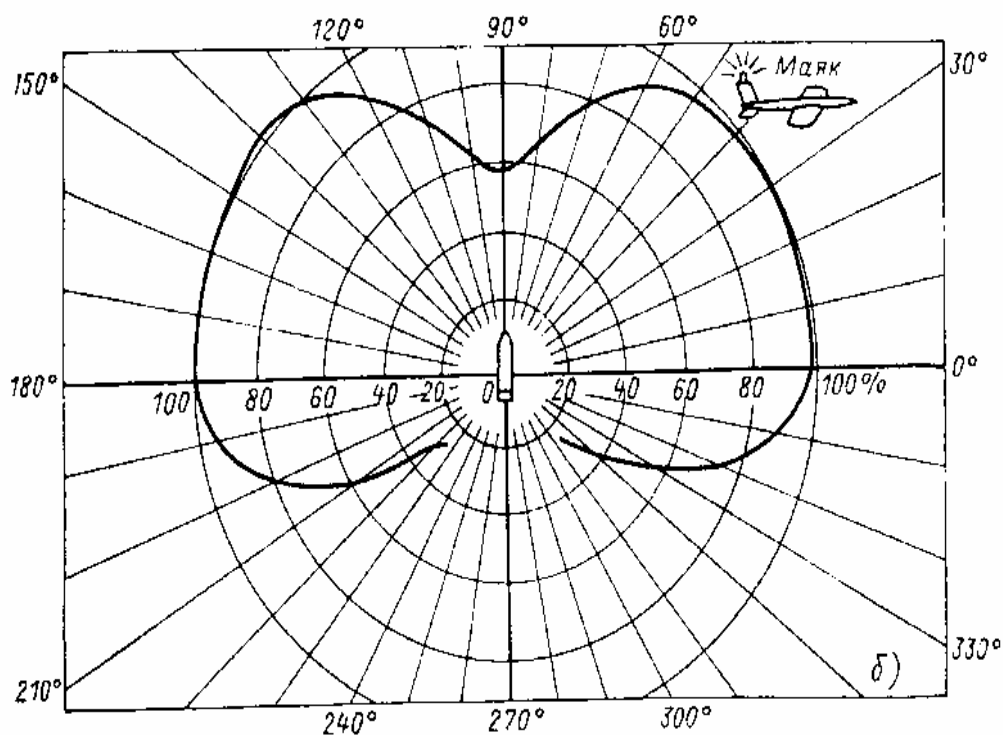


Рис. 1. Пространственное освечивание спасательного маяка.

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.,
Туаева Ж. Д., к. ф.-м. н., **Дзедзоев Б. А.**
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Республика Северная Осетия – Алания характеризуется умеренной сейсмической активностью, но природная сейсмическая опасность одна из самых высоких в России. При этом ее небольшая территория буквально насыщена горнодобывающими предприятиями, часть из которых не работает, что еще более ухудшает ситуацию. Действительно природная опасность, несомненно, усиливается техногенным фактором, например, в районе Садонского рудника и т. д. Наконец, вокруг горнодобывающих предприятий, да и в самом г. Владикавказе (столице Республики) расположены хвостохранилища переработанной руды и др. В конце 2008 г. начат пуск первой очереди Зарамагской ГЭС, расположенной в горной Осетии. Учитывая, что плотность населения в Республике самая высокая на Северном Кавказе, уязвимость и соответственно сейсмический риск территории весьма высоки.

Сейсмическая безопасность предполагает сокращение числа жертв и уменьшение экономического ущерба от природных и техногенных землетрясений. Горные предприятия Северного Кавказа, как правило, расположены в зоне высокой сейсмической опасности и подлежат оценкам сейсмического риска наравне с другими системами человеческой жизнедеятельности (градостроительство, системы жизнеобеспечения и т. д.).

В работе рассмотрено численное моделирование деформационных процессов в техногенно измененных массивах горных пород с учетом блочно-иерархического строения земной коры — фундамента горного предприятия при возможном сейсмическом воздействии, если грунтовая толща представляет собой слоистую прямоугольную область с упругими свойствами с существующими горными выработками различной плотности, которые могут рассматриваться как неоднородные включения (блоки).

В качестве математической модели рассматривается двумерное волновое уравнение для функции смещения $\phi(x, y, t)$ в каждом из выде-

ленных блоков грунтовой толщи в геометрической области $\Omega = \{(x, y, t): 0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq L_1, 0 \leq y \leq L_2\}$:

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}. \quad (1)$$

Для модельного расчета были взяты три слоя с включением в последний слой 2-х прямоугольных блоков (всего пять областей). Входные данные расчетов и схема грунтовой толщи представлены на рис. 1. Для каждой области рассматривается определенное смещение ϕ_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$), скорости распространения поперечных и продольных сейсмических волн в упругой среде V_s и V_p соответственно и ее плотность ρ . В уравнении (1) принято значение $v = V_s$.

Рассмотрим волновое поле до момента $t \leq T$, где T — минимальное время распространения переднего фронта волны до отражающих поверхностей $x = 0$, $y = L_2$. Задача решается при нулевых начальных данных. На свободной поверхности задается нулевое напряжение $\frac{\partial \phi_5}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0$, на глубине $x = L_1$ источник задается граничным условием $\phi_1 \Big|_{x=L_1} = \tilde{\varphi}(t)$ при любом y (заданное импульсное воздействие). На боковых гранях $\frac{\partial \phi_i}{\partial y} \Big|_{y=0} = \frac{\partial \phi_i}{\partial y} \Big|_{y=L_2} = 0$, $i = 1, 4, 5$.

На границах раздела слоев грунтовой толщи и границ выработок ставятся условия сопряжения для функций смещения и напряжения:

$$\begin{cases} \mu_1 \frac{\partial \phi_1}{\partial x} = \mu_2 \frac{\partial \phi_2}{\partial x}, \\ \phi_1 = \phi_2 \end{cases}$$

где $\mu_1 = \rho_1 V_s^2$, $\mu_2 = \rho_2 V_s^2$ модули сдвига двух граничащих слоев.

Для решения поставленной задачи разработан численный алгоритм, использующий трехслойную схему интегрирования по t и базирующийся на методе приближенной факторизации (прогонки). Применяемая схема устойчива и имеет второй порядок точности [2]. Разработанный алгоритм позволяет количественно оценивать деформационные процессы грунтовой толщи с горными выработками в условиях горнодобывающего предприятия.

Проведение вычислительных экспериментов показало, что при прохождении сейсмических волн через прямоугольные неоднородности амплитуда колебания грунтовой толщи увеличивается согласно закону сохранения энергии [1]. Скорость распространения волны, проходящей

далее после неоднородностей в скальный грунт, резко увеличивается и, соответственно закону сохранения амплитуда наоборот должна уменьшаться, что наглядно показывают результаты вычислительного эксперимента.

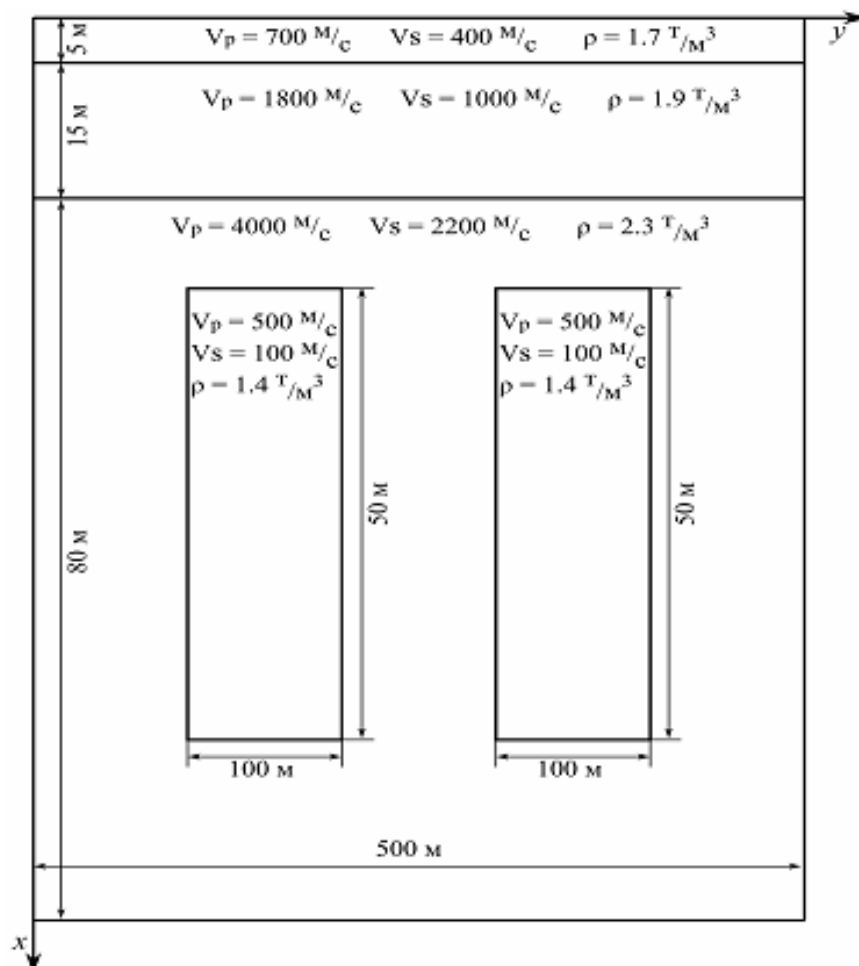


Рис. 1.

Подобные изменения, очевидно, заметно изменяют напряженно-деформированное состояние горного массива и могут провоцировать горные удары.

Таким образом, установлено, что поверхностная грунтовая толща над горным массивом с выработками при интенсивных сейсмических воздействиях представляет опасность для нормального функционирования горнодобывающих предприятий.

Полученные результаты численного эксперимента являются основой для их использования в целях оценок расчетной интенсивности колебаний массивов горных пород, являющихся основным элементом горных предприятий.

Разработанный метод может быть использован для установления особенностей формирования колебаний массива горных пород горнодобывающего предприятия в условиях интенсивных сейсмических воздействий для осуществления превентивных мер по обеспечению безопасности жизнедеятельности.

Литература

1. Друмя А. В., Шебалин Н. В. Землетрясение: где, когда, почему?—Кишинев: Штиинца, 1985.—196 с.
2. Яненко Н. Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики.—Новосибирск: Наука, 1967.—196 с.

УСТАНОВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНО-НЕУПРУГИХ ЯВЛЕНИЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ НАНО-РАЗМЕРНЫМИ ЧАСТИЦАМИ СРЕДЫ ПРИ ИНТЕНСИВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.,
Туаева Ж. Д., к. ф.-м. н., **Мельков Д. А.**
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Настоящее исследование предполагает более углубленное изучение условий формирования нелинейно-неупругих явлений в горных породах, в том числе, дисперсных средах при интенсивных динамических нагрузках. Работа явно непростая и требующая больших усилий. При этом она выполняется впервые по приоритетному направлению нано-технологий. Для выполнения работы требуется хорошая экспериментальная оснастка и глубокое теоретическое осмысление получаемых результатов.

Целью исследования является создание теоретической основы механизмов формирования нелинейно-неупругих явлений обусловленных нано-размерными частицами среды при интенсивных динамических воздействиях. Для достижения указанной цели будут решены следующие задачи: исследование экспериментально наблюдаемых явлений в нелинейно-неупругой среде при интенсивных динамических нагрузках, установление условий формирования на нано-размерных уровнях нелинейно-неупругих явлений в среде, разработка математических моделей среды на различных структурных уровнях с учетом многофакторности

процессов (взаимодействие сейсмоакустических и физико-химических процессов).

Дисперсные грунты являются специфической средой распространения сейсмических волн. Этот факт недостаточно учитывается современной сейсмологией. Между тем практическое значение этого вопроса велико, так как основаниями зданий и сооружений по большей части являются дисперсные породы. Результаты исследования позволяют формировать новые типы сред, т. е. управлять состоянием грунтов. Это создаст условия для установления новых взаимосвязей между динамическим воздействием и реакцией среды. Результаты работы могут быть использованы для целей инженерной сейсмологии, сейсмического микрорайонирования, сейсмостойкого строительства. Наконец, результаты исследования особенностей поведения горных пород в условиях высоких напряжений, особенностей их разрушения и проявления указанных явлений в форме излучений различной физической природы (сейсмических, электромагнитных) создают основу для более обоснованного (на теоретическом уровне) прогноза землетрясений, горных ударов и т. п. геофизическими методами.

Один из важнейших вопросов, стоящих перед нано-технологиями — это заставить молекулы группироваться определенным способом, самоорганизовываться для получения материалов с новыми свойствами. Указанные явления в грунтах представляют интерес для супрамолекулярной химии (изучающей более сложные, чем молекулы, химические системы, связанные в единое целое посредством межмолекулярных (нековалентных) взаимодействий). В связи с тем, что при интенсивных сейсмических нагрузках происходит изменение структуры грунтов, «новый» или измененный материал может оказывать значительное влияние на последующее поведение среды.

О ВЫДЕЛЕНИИ ГРАНИЦ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н., **Харегов К. С.,** к. т. н.
(ЦГИ ВНИИ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Проблемы нелинейности сейсмических колебаний поднимались многими авторами, но выделение собственно «нелинейности» в достаточно явном виде было показано только в работах [1]. Мы решили ис-

следовать проблеме нелинейности на основе записей японской системы K-NET [4]. Были исследованы записи от апреля 1996 г. по июль 2007 г.

В работе В. Б. Заалишвили [1] указывается, что нелинейность проявляется в том, что зависимость площади амплитудного спектра Фурье от ускорения имеет нелинейный характер. Причем, после достижения величины 0,1 g зависимость эта выполаживается. Во всей выборке обнаружено 82 станции, у которых более двух раз встречаются ускорения более 100 гал. Были исследованы графики зависимости площади амплитудного спектра Фурье («реального» спектра) от ускорения по указанным станциям.

На рис. 1 представлены точками экспериментальные значения. По оси ординат — ускорение, по оси абсцисс — площадь спектра Фурье. Сплошная кривая соответствует полиномиальному тренду, пунктирные линии — 95% интервалы. Сверху, во второй строке дано уравнение полиномиального тренда. Прямая линия соответствует линейному тренду, его уравнение в третьей строке. В четвертой строке представлен коэффициент корреляции.

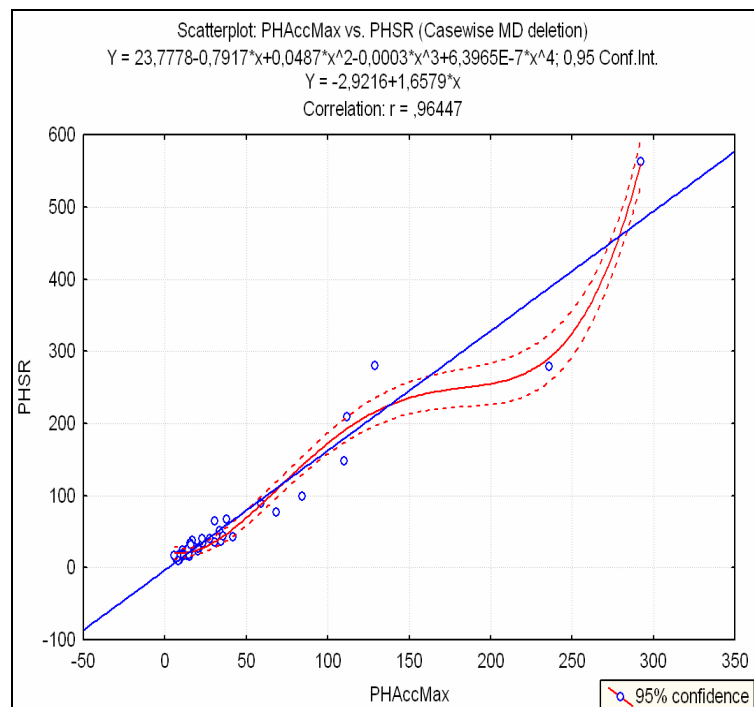
Среди этих станций были выбраны те, что имеют характерную форму выполаживания после 100 гал, это следующие 7 станций: FKS006, HKD071, HKD078, KGS005, KMM014, MYG004, SZO001. 12 станций: FKS001, FKS008, FKS009, HKD066, HKD070, HKD077, HKD086, HKD109, IBR003, KGS011, KYT008, NIG020 имеют существенно линейную зависимость площади спектра от пикового горизонтального ускорения. Остальные 62 станции не имеют ярко выраженной принадлежности.

Задача состояла в том, чтобы обнаружить разницу между параметрами станций с линейными и нелинейными свойствами, т. е. исследовать границу упруго-пластического состояния геологической среды.

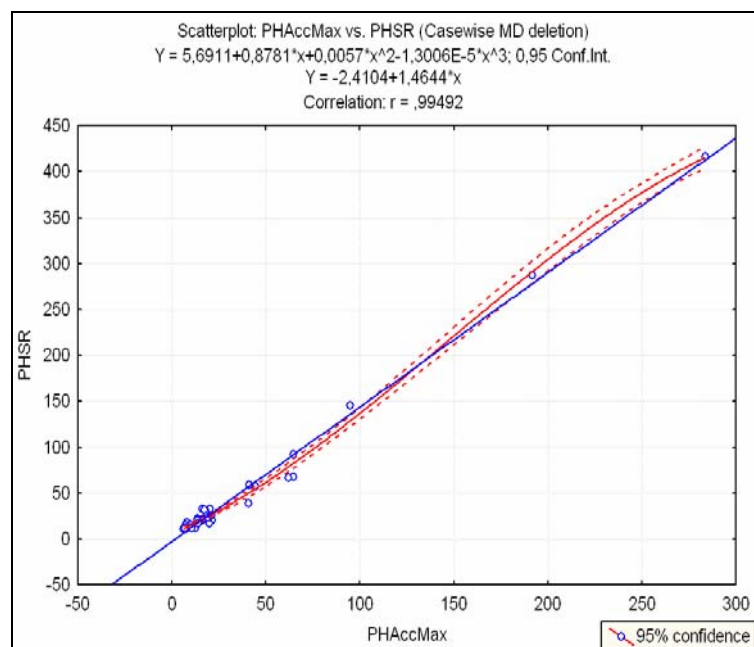
Сравнение средних величин всего множества параметров, описывающих выборку, показывает, что статистически значимое отличие для линейных и нелинейных грунтов в средних, минимальных и максимальных величинах отсутствует.

Методы факторного анализа. Создана выборка, где 7 станций характеризуются нелинейными свойствами и 12 станций линейными свойствами. Выделены факторы из нашей выборки так, чтобы в одном был грунт с линейными, в другом — с нелинейными свойствами. Наибольшее разделение получилось при выделении 4 факторов методом главных компонент (Principal components) в сочетании с вращением Quartimax normalized. Но даже в этом случае факторные нагрузки грунтов с нелинейностью в третьем факторе составили только 0,17, а факторные нагрузки грунтов с линейностью в четвертом факторе составили 0,24. Можно заметить, что нелинейным грунтам соответствуют большие маг-

нитуды, а линейным – большие интенсивности и ускорения. Кроме того в нелинейных грунтах частоты колебаний и площадь нормализованного спектра меньше, преобладающий период больше. При нелинейности средневзвешенная частота и частота максимума спектра Фурье меньше.



а)



б)

Рис. 1. Зависимость площади спектра Фурье от пикового горизонтального ускорения для станции FKS006 (а) и станции KGS011 (б).

Корреляционный анализ. Площадь нормализованного спектра Фурье. Для грунтов с линейными свойствами прослеживается некоторое спадание площади нормализованного спектра с увеличением пикового горизонтального ускорения, а для нелинейных такой эффект отсутствует. Так же отсутствует эффект зависимости от продолжительности воздействия для грунтов с нелинейными свойствами, в противоположность линейным.

Площадь реального спектра Фурье. Для грунтов с линейными свойствами прослеживается некоторое спадание площади спектра с увеличением частоты максимальной амплитуды спектра Фурье, а для нелинейных — эффект отсутствует. Так же для линейных грунтов присутствует увеличение реального спектра Фурье с ростом доминирующего периода, а для нелинейных эффекта нет.

Угол наклона прямой тренда зависимости площади реального спектра от ускорения различен, для грунтов с линейными свойствами: $S_r = 2,84 + 0,97 \cdot A$, а для грунтов с нелинейными свойствами: $S_r = -5,03 + 1,48 \cdot A$. Но если рассматривать отдельные станции, то различия в уравнениях тренда отсутствуют.

Зависимость площади спектра от частоты колебаний показывает разнонаправленность для отдельных станций линейных грунтов. Для нелинейных грунтов площадь реального спектра всегда спадает с увеличением частоты. Зависимость площади нормализованного спектра от частоты показывает рост площади с частотой, как для линейных, так и для нелинейных грунтов.

Регрессионный анализ. Были исследованы линейные и степенные зависимости площади нормализованного спектра (S_n) от частоты (F) и продолжительности воздействия (T).

Известно, что подвальные помещения зданий жилого комплекса города, как правило, подтапливаются дренирующими поверхностными водами. При этом основная часть фундаментов располагается на гравийно-супесчаных грунтах, которые не в состоянии экранировать воды. С глубиной содержание суглинков и супесей в грунтах уменьшается, что еще более увеличивает инфильтрационные свойства грунта. В условиях, когда водонасыщенные участки на территории не так редки, существует реальная опасность подтопления нижнего уровня проектируемого здания. Для оценки такой опасности волновые поля радарограмм анализировались по каждой трассе зондирования, для выделения интервалов смещения кривой в отрицательную область значений напряженности электромагнитного поля, связанных часто с зонами повышенной влажности. Такие участки отмечаются на глубинах 6–10 м, но по абсолютной величине амплитуды сигнала можно уверенно считать эти участки ув-

лаженными, но не водонасыщенными. Пониженное значение удельного электрического сопротивления (90–110 ом.м) в интервале глубин 6–24 м также может быть связано с повышенной влажностью грунтов либо увеличением их суглинистой компоненты.

Таблица 1

Линейные свойства	R^2	Нелинейные свойства	R^2
$S_n = -0,85 + 0,69 \cdot F + 0,04 \cdot T$	0,70	$S_n = 0,42 + 0,57 \cdot F + 0,04 \cdot T$	0,33
$S_n = 0,54 \cdot F^{0,93} \cdot T^{0,14}$	0,75	$S_n = 0,72 \cdot F^{0,87} \cdot T^{0,09}$	0,36

Литература

1. *Заалишвили В. Б.* Основы сейсмического микрорайонирования.—Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2006.—242 с.
2. *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: ЮНЦ РАН, 2007.—С. 455–461.
3. *Кэндалл М.* Многовариантный статистический анализ и временные ряды.—М.: Мир, 1984.—566 с.
4. *Kinoshita S.* Kyoshin Net (K-NET) // Japan. Int. Handbook of Earthquake and Engineering seismology.—2003.—Vol. 81B.—P. 1049–1056.

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ГЕОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.,
Чотчаев Х. О., Мельков Д. А., Дзеранов Б. В.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Для инженерно-геологического обеспечения грунтов под строительное сооружение необходимо знать литологический состав грунтов, их гранулометрический состав, морфологические особенности залегания структур, состав и количество заполнителя, гидрогеологические особенности разреза, упругие свойства грунтов и многое другое, прописанное в последней редакции соответствующих строительных норм (СНиП-11-02-96).

Флювиогляциальные образования позднее четвертичного периода, образующие три надпойменные террасы в южной части г. Владикавказа,

сложены, в основном, суглинистыми, валунно-галечниковыми и галечниковыми горизонтами, осложненные взаимным заполнением в виде линз и пропластков. Грунты валунно-галечникового и галечникового состава образуют, в ряде случаев, «висячие» водонасыщенные участки, как правило, подстилаемые суглинистыми пропластками мощностью до 2,0 м. Суглинистый либо супесчаный заполнитель присутствует в валуно-галечниках и галечниках повсеместно, содержание которого по фоновым данным, как правило, не превышает 30%. В то же время, нередко имело место наличие участков сложенных крупнообломочными грунтами, где количество заполнителя явно превышало 30%. Это предполагает относиться с осторожностью к архивным данным и тщательно изучать свойства грунтов на каждой конкретной площадке. Могут возникать и другие проблемы, решение которых не всегда является простой задачей.

Таким образом, несмотря на наличие достаточной информации о грунтовых условиях территории г. Владикавказа, при выборе конкретной площади под застройку, возникает множество вопросов, ответить на которые возможно лишь на основе дополнительных исследований. Сразу отметим, что по ряду причин (высокая стоимость производства скважин, шурфов, необходимость послойного изучения и т. д.) наиболее целесообразно представляется использование данных геофизических исследований.

Геофизические исследования для инженерно-геологического обеспечения площади застройки Кавказского музыкально-культурного центра им. В. Гергиева были востребованы на проектной стадии в дополнение к Техническому отчету по результатам буровых и лабораторных работ. Задача заключалась в изучении площади доступными профильными наблюдениями и увязке результатов применения геофизических методов с данными буровых скважин, с целью уточнения разреза грунтов по всей площади, включая пойму р. Терек.

Вторая задача состояла в определении сейсмичности строительной площадки путем инструментальных измерений скоростей распространения продольных и поперечных волн, а также изучении амплитудно-частотных спектров упругих волн при внешнем воздействии на грунт, и путем регистрации микросейсм на участках с различными грунтовыми условиями.

Согласно соответствующему положению строительных норм и правил для сейсмостойкого проектирования (СНиП II-7-81*) инженерно-геологическое обеспечение грунтов предполагает достаточность их изучения до глубины 10,0 м. Это обусловлено величиной активной зоны большинства зданий и сооружений, где фокусируется основная часть энергии поперечных и поверхностных волн, распространяющихся на

удалении от эпицентра, соизмеримом фокусному расстоянию землетрясения. Для наилучшей дифференциации особенностей грунтов до этой глубины была применена современная геолокационная установка Георадар-ОКО-2, действие которой основано на различии диэлектрической проницаемости грунтов и работающей в узкой полосе электромагнитных волн установки (порядка 150 МГц). Анализ данных георадарных зондирований позволил выделить в толще валунно-галечниковых отложений горизонты с различным гранулометрическим составом и литологически разнородные пропласки, в основном, суглинистого и песчаного состава. Следует отметить, что инженерно-геологическое обеспечение грунтов, в данном случае, ведется для обоснования уникального, в масштабах г. Владикавказа, строительного сооружения, подземная часть которого проектируется до глубины 14 м.

Известно, что подвальные помещения зданий жилого комплекса города, как правило, подтапливаются дренирующими поверхностными водами. При этом основная часть фундаментов располагается на гравийно-супесчаных грунтах, которые не в состоянии экранировать воды. В условиях, когда водонасыщенные участки на территории не так редки, существует реальная опасность.

Для оценки опасности подтопления нижнего уровня проектируемого здания волновые поля радарограмм анализировались по каждой трассе зондирования, для выделения интервалов смещения кривой в отрицательную область значений напряженности электромагнитного поля, связанных часто с зонами повышенной влажности. Такие участки отмечаются на глубинах 6–10 м, но по абсолютной величине амплитуды сигнала можно уверенно считать эти участки увлажненными, но неводонасыщенными.

На основе электроразведочных исследований с помощью цифровой аппаратуры ЭРП-1 полученное пониженное значение удельного электрического сопротивления (90–110 ом.м) в интервале глубин 6–24 м также может быть связано с повышенной влажностью грунтов либо увеличением их суглинистой компоненты.

На исследуемой территории были проведены геофизические исследования, в частности, включающие сейсморазведочные наблюдения с помощью цифровой станции «Лакколит-Х-М». Использовались схемы наблюдений «воздействие – прием» ZZ, YY₋, и YY₊, а также явление фазовой инверсии. Использовались прямые и встречные наблюдения.

Анализ полученных данных позволил идентифицировать продольные и поперечные волны, построить соответствующие годографы и определить величины скоростей распространения продольных и поперечных волн.

Регистрация микросейсм с помощью цифровых регистраторов «Дельта Геон»-2 м позволила получить амплитудно-частотные характеристики участков.

На основе указанных данных и использования карты сейсмического микрорайонирования центральной части г. Владикавказа, построенной с использованием ГИС-технологий, была установлена исходная сейсмичность участка, которая с учетом ответственности объекта составила 8 баллов.

Наконец путем использования современных технологий была рассчитана трехкомпонентная акселерограмма ожидаемого сейсмического воздействия от возможных очагов землетрясений (ВОЗ), приуроченных к Владикавказскому разлому с максимальной магнитудой $M=7,1$.

Таким образом, совокупность современных геофизических методов, геотехнологий и оборудования позволила в сжатые сроки получить добротные результаты, которые безо всякого сомнения являются надежной основой сейсмостойкого строительства.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ГГД-ПОЛЯ И ДРУГИХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Забирченко Д. Н.

(ФГУТП «Кавказгеолсъёмка», Ессентуки, Россия),

Мельков Д. А.

(ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Федеральное государственное унитарное предприятие Кавказгеолсъёмка более 20 лет ведет работы по мониторингу гидрогеодеформационного (ГГД) поля, геофизических и газогидрогеохимических показателей с целью оценки напряженного состояния геологической среды в сейсмоопасных районах Южного федерального округа. В настоящее время комплексный мониторинг ведется на обширной сети, которая включает в себя: 28 пунктов ГГД, представляющих собой глубокие гидрогеологические скважины, оборудованные автоматизированными телеметрическими комплексами «Логгер»; 4 пункта регистрации импульсного электромагнитного поля (ЭМИ); Кавминводский геофизический полигон, на котором установлены 10 сейсмостанций «Дельта-Геон»; 2 пункта наблюдений за эманациями гелия и радона.

В ходе проведения работ перед различными исполнителями неоднократно ставилась задача разработки методики комплексного анализа наблюдаемых параметров. Однако, технологически проблема комплексного анализа данных до последнего времени решена не была.

В настоящее время нами разрабатывается и успешно эксплуатируется *информационная система комплексного анализа данных мониторинга ГГД-поля и других геофизических полей*.

Система представляет собой:

1. Единую базу данных, в которой содержатся ряды наблюдаемых параметров по всем пунктам сети ГГД-мониторинга (уровень подземных вод, атмосферное давление, температура воды и воздуха, электропроводимость) и геофизическим полигонам (записи сейсмостанций «Дельта-Геон», ряды данных регистраторов ЭМИ, ряды данных по гелию и радону).

2. Подсистему комплексного анализа и обработки данных.

3. Интегрированные ГИС-проекты, автоматизирующие процесс построения карт напряженности геологической среды по данным комплексного анализа.

ИС разрабатывается в объектно-ориентированной среде Delphi 7. Базы данных, в которых содержатся как первичные ряды наблюдаемых параметров, так и пространственно привязанные данные (точечные, линейные, полигональные векторные объекты, составляющие цифровую модель структурно-тектонической основы Северного Кавказа и топографической основы), организована в формате базы геоданных ESRI, что обеспечивает абсолютно прозрачную связь между интерфейсом ИС и интегрированными ГИС-проектами ArcGIS 9 и ArcView 8.3. Доступ к данным организован с применением технологии ADO, работа с данными ведется посредством SQL-запросов.

Таким образом, создается сетевая информационная система, позволяющая визуально анализировать многолетние ряды наблюдений различных геофизических параметров, совмещенных в одной координатной плоскости с единой осью времени. На ту же временную ось можно вынести данные каталогов сейсмичности региона (окончательного регионального каталога ГС РАН, оперативного каталога ССД ГС РАН, каталогов событий, зарегистрированных станциями Кавминводского полигона и станциями ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А). Мощный математический аппарат позволяет строить любые производные графики, выделять тренды, учитывать влияние глобальных периодических процессов, таких как лунно-солнечные приливы и т. д.

Наряду с вышеперечисленным, в ИС присутствует раздел хранения, анализа и обработки сейсмограмм, записанных станциями «Дельта-

Геон». Библиотека, включающая процедуры чтения и конвертации записей из формата *.adb в формат ИС, разработана Д. А. Мельковым. Работа над данным разделом представляется очень перспективной, в связи с чем, авторы выражают признательность за консультации и методическое руководство д. ф.-м. н., профессору Заалишвили В. Б.

Анализ данных ЭМИ, выполненный в ИС, подробно описан в статье «Суточные вариации электромагнитного поля Земли» (А. Г. Шемпелев, Д. Н. Забирченко, ФГУГП «Кавказгеолсъемка», Ессентуки.)

Основной целью создания данной ИС является, в первую очередь, разработка гибкого и интуитивно понятного пользователю инструмента с хорошим математическим аппаратом, позволяющего вывести задачу комплексного анализа данных мониторинга геофизических полей на принципиально новый уровень. Наряду с реализацией уже известных методик оценки состояния геологической среды, данный инструментарий может позволить найти новые методики и существенно уточнить имеющиеся.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО СХОДА ЛЕДНИКА КОЛКА

Зарини А. Г.

(ЮМИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

В данной работе делается попытка сопоставить возможные сценарии реализации двух гипотез механизма схода ледника.

Гипотеза, выдвинутая профессором М. Г. Бергером и Я. Д. Муравьевым, объясняет внезапный сход ледника как результат газодинамического выброса: извержения скопившихся в полости под телом ледника вулканических газов.

Гипотеза, выдвинутая О. В. Тутубалиной и др., предполагает, что сход ледово-каменных масс был спровоцирован одновременным падением на тело ледника Колка большого числа осколков вышележащих висячих ледников. После начала схода ледово-каменная масса двигалась как селевой поток.

Физическая модель движения потока по склону ущелья в этом случае следующая: поток рассматривается как тонкий, однородный слой несжимаемой жидкости. Считается, что в начальный момент смещающаяся часть ледяного массива мгновенно дробится и превращается в «жидкость», которая затем «стекает» по склону. Для описания движения

потока по склону использовалась система уравнений однослойной мелкой воды. При численном решении задачи применялся вариант метода частиц [1].

Было проведено моделирование движения селевого потока по Геналдонскому ущелью. На рис. 1 показано изменение скорости потока при нескольких его начальных скоростях.

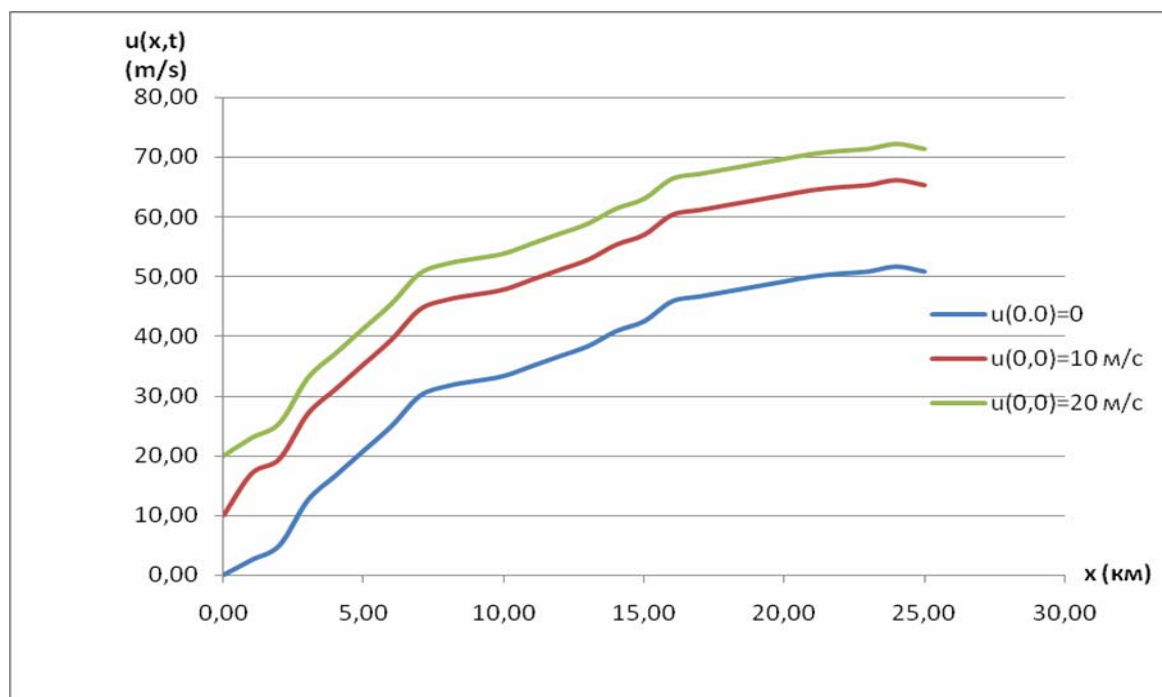


Рис. 1. Изменение скорости движения потока при различных начальных скоростях.

В случае газодинамического выброса ледника моделирование его движения возможно при помощи модели, применяющейся для пирокластических потоков [2]. При этом поток предполагается двухфазным и состоит из газовой фазы и твердых частиц льда и камней.

Для моделирования процесса в этом случае использовалось двумерное приближение. Первоначальная толщина слоя раздробленной каменно-ледяной массы принималась равной 100 м, высота ее подъема над поверхностью земли 500 м, длина три километра. Размеры ледяных и каменных частиц считались равными 10 м.

Решение определялось на сетке с шагами по горизонтали 50 м и по вертикали 10 м. Размеры расчетной области по горизонтали 30 км, по вертикали 1 км, шаг по времени 0,3 с. Расчетные скорости ледяной составляющей твердой фазы на фронте потока при различных исходных скоростях, приведены на рис. 2.

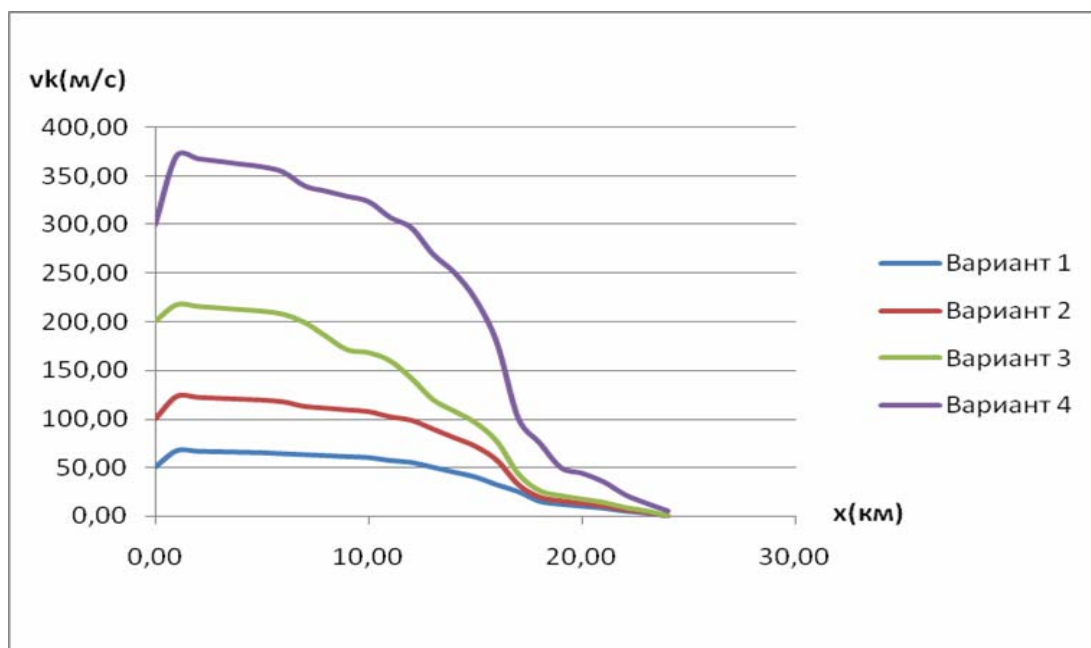


Рис. 2. Скорость ледяной составляющей твердой фазы потока (вариант 1 — нижняя кривая, вариант 4 — самая верхняя).

С ростом содержания газовой фазы несколько увеличивается разгон ледяных частиц на начальном участке полета. При любой начальной скорости потока, даже при столь значительной высоте начального выброса каменно-ледяной массы, сначала наблюдается некоторый рост скорости ледяной составляющей, затем относительно медленное ее торможение, а с какого то момента быстрое падение скорости. В любом случае на расстоянии порядка 25 км от места выброса скорость взвешенной в воздухе массы падает практически до нуля, т. е. вся масса осаждается на склон. Дальнейшее ее движение и в этом случае подобно движению селя. Таким образом, рассматриваемая модель предсказывает, что даже в случае газодинамического выброса ледника он находится в воздухе примерно от одной до пяти минут и пролетает расстояние порядка 20 км. Поэтому выбор одной из альтернативных гипотез, объясняющих процесс катастрофического схода ледника Колка, связан с исследованием начального участка движения ледника.

Литература

1. Зеркаль С. В., Захаров Е. В., Богомолов С. В. Моделирование движения потоков различной природы по наклонной поверхности методом частиц // Вестник Харьковского национального ун-та.—2003.—№ 590.—С. 114–123.
2. Todesco M., Neri A., Esposti Ongaro T., Papale G., Santacroce R., Macedonio G., Longo A. Pyroclastic flow hazard assessment at Vesuvius (Italy) by using numerical modeling. Large scale dynamics // Bull. Volcanol.—2002.—Vol. 64.—P. 155–177.

ОРГАНИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ЗАПИСЕЙ КАРМАДОНСКОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА

Кануков А. С., Мельков Д. А.
(ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

В результате модернизации сети сейсмологических наблюдений была произведена замена регистраторов сейсмических сигналов (РСС) «Альфа-Геон» на регистраторы нового поколения «Дельта-Геон». Это позволило увеличить продолжительность регистрации записей за счет применения флеш карт большой емкости, наладить службу точного времени за счет использования GPS и т. д. Одновременно в связи с отличием формата записей, в частности частоты дискретизации, (adb-файлов) возникла необходимость модернизации программного обеспечения, используемого для обработки данных сети. Новое программное обеспечение написано на языке C++ и скомпилировано в среде разработки Turbo C++ из пакета Borland Developer Studio 2006 и представляет собой пакет программ для выполнения ряда операций:

- программа ADB2DB, предназначенная для ввода в единую базу данных записей сейсмических событий;
- программа «Выборка событий», предназначенная для выделения сейсмических событий для их последующей обработки;
- программа WINADB-SEV, предназначенная для монтажа событий в формат SEV и позволяющая вызывать служебные программы для их последующей обработки.
- утилиты, предназначенные для просмотра и редактирования заголовков adb файлов, конвертер adb файлов в текстовый формат.

Структурирование данных в одной базе позволяет получить непосредственный доступ ко всей информации, включая сейсмические записи и результаты их обработки. Доступ к базе данных осуществляется с помощью драйвера ODBC.

Программа ADB2DB позволяет 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. Процедура может выполняться в двух режимах: ввод данных, содержащихся в отдельных папках архивации, а также поиск и ввод данных, находящихся в указанной директории методом рекурсивного вызова функции перебора всех каталогов, для автоматического поиска и добавления нужных данных.

Такое структурирование данных позволяет не только находить нужные записи из банка данных, но и производить более сложные операции с помощью SQL-запросов. Важным элементом обработки записей любой локальной сети сейсмологических наблюдений является выборка событий. Событие считается выделенным, если оно зарегистрировано не менее чем N станциями (например, тремя), причем время включения регистраторов, попадает в определенный временной интервал (временное окно) dt. Разработанная программа «Выборка событий» позволяет производить процедуру поиска записей, удовлетворяющих данным условиям. Общий вид программы «Выборка событий» представлен на рис. 1.

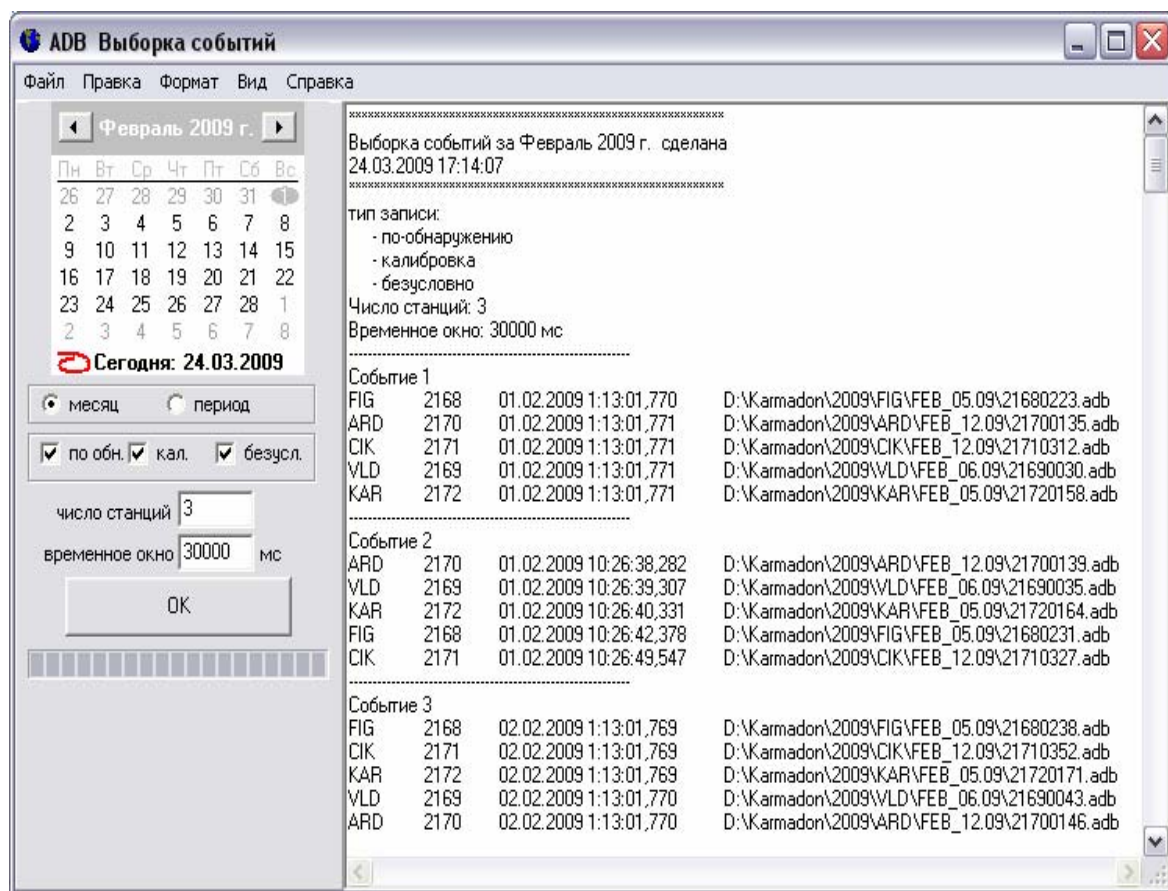


Рис. 1. Окно программы «Выборка событий».

Окно разделено на несколько областей: календарь, текстовая область. Также в программе можно вызвать окно ввода SQL-запроса, что позволяет передавать дополнительные параметры, выполняя более гибкий запрос.

Работа программы аналогична программе «adb-slct» пакета программ центра «ГЕОН», используемой ранее. При этом разработанная программа обладает рядом преимуществ:

- графический интерфейс;
- нет необходимости создавать *.lst файл (текстовый файл, содержащий список папок архивации) — данные о файлах берутся непосредственно из базы данных «ADBDB», период выбирается с помощью календаря. Стоит отметить, что *.lst файл создавался вручную, с указанием помимо всех путей к файлам, также числа записей, содержащихся в каждой директории, что могло служить источником ошибок;
- нет ограничений на число файлов, выборка событий может производиться как за месяц, так и за год;
- возможность производить выборку событий отдельно для калибровочных 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.

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

Дальнейшая обработка данных осуществляется в программе WINADB-SEV, также разработанной в Центре, позволяющей монтировать выделенные события в *.sev файлы, необходимые для выделения вступлений, осуществляемых в программе Detrace по стандартной методике центра «ГЕОН», локализация событий осуществляется с помощью программы Hupoellipse. Вызов программ Detrace и Hupoellipse осуществляется непосредственно из программы WINADB-SEV. В результате с пользователя снимается нагрузка на выполнение рутинных операций, таких как запоминание имени файла, ввод которого эмулируется самой программой, что позволяет не запоминать длинное название.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ И ВЕЛИЧИНЫ СМЕЩЕНИЯ ПО РАЗРЫВУ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

Караханян А. С., д. г.-м. н.

(ИГН НАН Респ. Армения, Ереван, Республика Армения),

Аракелян А. Р., к. ф.-м. н.

(ААСФЗ, Ереван, Республика Армения),

Асатрян Л. С.

(НИК «Геориск», Ереван, Республика Армения)

Статья посвящена определению вероятности и величины смещения по разрыву с целью оценки его опасности для инженерных сооружений.

Смещения по активным разломам могут быть двух видов:

- Импульсные смещения, возникающие вследствие выхода на поверхность разрыва очага сильного землетрясения. Такие смещения возникают при землетрясениях с M от 5,5 и выше и могут достигать амплитуд от нескольких сантиметров до десятков метров при скорости образования в несколько секунд.

- Медленные криповые подвижки, возникающие без землетрясений, или как сопровождение серии (роя) слабых частых толчков с $M = 0.5-2.0$. Скорости достигают нескольких мм/год.

Опасное смещение по разлому есть сильное землетрясение. Поэтому оценка опасности по сути есть прогноз землетрясений со всеми вытекающими отсюда проблемами и неопределенностями, свойственными любым прогнозам природных явлений. Оценка проводилась двумя методами — детерминистическим и вероятностным.

Детерминистическая оценка предполагает решение следующих задач:

1. Расчет максимальной магнитуды землетрясения для данной длины разрыва по каждому сегменту разлома по формулам Wells&Coppersmith (1994).

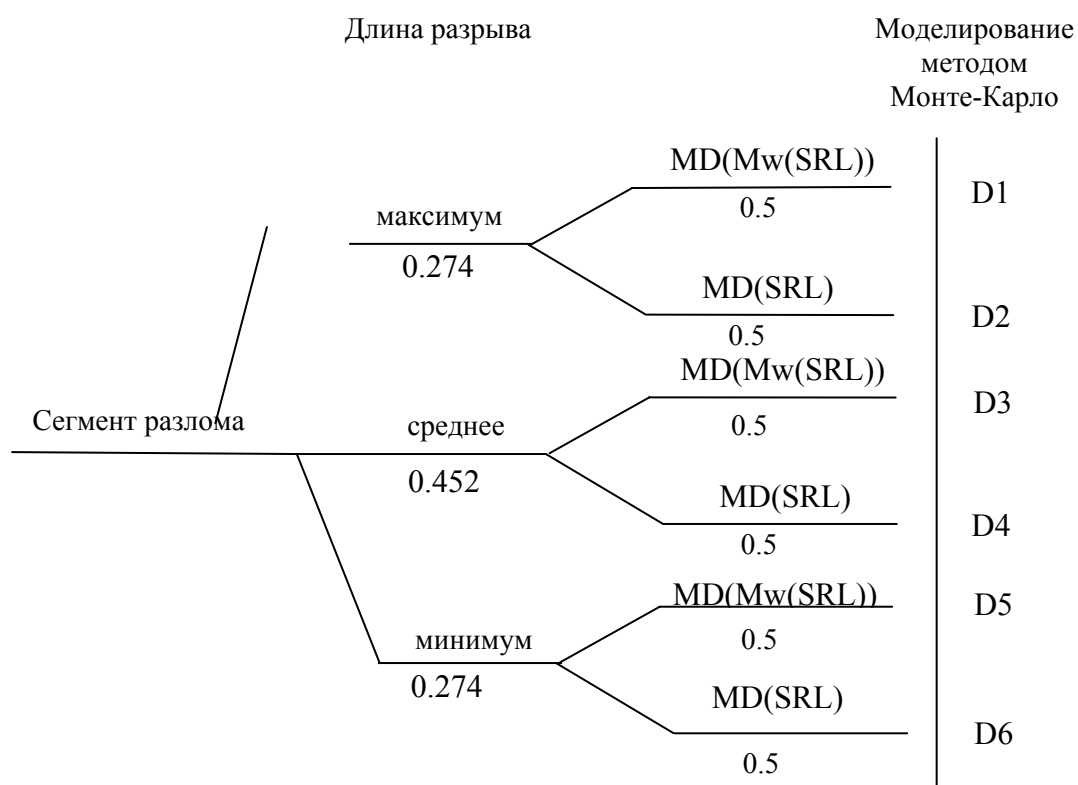
	Mw	σ
SS	$Mw = 5,16 + 1,12 * \log(SRL)$	0,28
ALL	$Mw = 5,08 + 1,16 * \log(SRL)$	0,28
	MD SRL	
SS	$\log(MD) = -1,69 + 1,16 * \log(SRL)$	0,36
ALL	$\log(MD) = -1,38 + 1,02 * \log(SRL)$	0,41

ALL — все типы подвижек по разрыву; SS — горизонтальная подвижка; SRL — длина поверхностного разрыва; MD — максимальное смещение по разрыву.

2. Расчет полного вектора возможного смещения по разрыву при данной длине разрыва и максимальной магнитуде по каждому сегменту.

По приведенным выше соотношениям Wells & Coppersmith и определялись максимальные смещения по разрыву для минимального и максимального значений поверхностного разрыва и магнитуды с учетом стандартного отклонения полученного значения. Из всех полученных значений для расчетов выбраны значения смещения, определенные по максимальной длине разрыва, как наиболее консервативные.

Вероятностный метод заключается в оценке величины смещения по разрыву и ее вероятности по данной длине разрыва и максимальной ожидаемой магнитуде землетрясения для каждого сегмента разлома. В качестве исходных данных использованы результаты детерминистического расчета смещений (D и $D_t + \sigma$, $M_{\max}$ и $M_{\max} + \sigma$) с учетом стандартных отклонений параметров. Для определения вероятностей реализации различных величин смещений использовался метод Монте-Карло. Расчеты проводились в соответствии с логическим деревом, приведенным ниже:



Неопределенности длины разрыва учитываются в логическом дереве путем весовой оценки каждой ветви дерева. Минимальному, среднему и максимальному значениям длины разрыва присвоены весовые коэффициенты соответственно 0,274, 0,452 и 0,274. Величины смещений

определялись двумя способами: по длине разрыва и по максимальной магнитуде. К каждому значению смещения, полученного по каждой ветви логического дерева, применялся метод Монте-Карло для определения вероятности возникновения смещения. В результате получается средневзвешенная оценка величины смещения с кумулятивным распределением вероятностей смещений.

Результаты для некоторых сегментов разломов приведены в ниже следующей таблице.

Код сегмента разлома	Максимальное смещение в метрах								
	Среднее	Вероятность в процентах							
		5%	10%	15%	50%	65%	85%	90%	95%
PGF	3.89	1.44	1.73	1.97	3.40	4.16	5.84	6.67	7.96
PL	1.51	0.15	0.21	0.28	0.84	1.28	2.28	3.35	4.95
GR	1.36	0.10	0.15	0.20	0.66	1.03	2.28	3.01	4.63
SKL	3.62	1.02	1.28	1.48	2.90	3.76	5.75	6.83	8.64
KL1	1.97	0.26	0.37	0.46	1.22	1.76	3.26	4.12	5.85
KL2	1.42	0.12	0.17	0.23	0.75	1.16	2.39	3.07	4.82
CKL	3.06	0.70	0.91	1.09	2.35	3.11	5.00	5.99	7.84

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАК САМООРГАНИЗУЮЩИЙСЯ ПРОЦЕСС В ОКРЕСТНОСТИ КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ

Келоев Т. А., д. т. н.

(ЦГИ ВНЦ РАН и PCO-A, Владикавказ, Россия)

В последние годы в сейсмологии происходит смещение области преобладающего интереса — от изучения среды, в которой распространяются сейсмические волны, к изучению самих источников таких волн — очагов сильных землетрясений. Сейчас уже недостаточно знать, как те или иные глубинные процессы проявляются на поверхности Земли. Нужно понять, что же происходит в ее недрах.

В результате тектонических движений литосфера непрерывно подвергается силовым воздействиям. Движения эти обусловлены как энергией поступающей из недр в результате гравитационной дифференциации земного вещества, так и космическими факторами: изменением силы тяготения Луны и Солнца при движении Земли по орбите, атмосферными движениями, вызванными Солнцем. Под их влиянием открытая сложная система (горная природа) вступает в энергомассообмен с окружающей средой. Слагающие ее блоки, испытывая упругие напряжения,

воспринимают дополнительную энергию извне и передают ее от блока к блоку. При этом энергонасыщенность отдельных блоков системы может превзойти так называемую энергетическую прочность (предельная величина плотности энергии, при которой разрушение среды приобретает лавинный характер), что приведет их в состояние неустойчивости. Потеря устойчивости сопровождается излучением упругой энергии в виде сейсмических волн, ощущаемых на поверхности земли как землетрясения. Разрушение малых (метры и доли метра) блоков ведет к излучению коротких волн — акустическому шуму, который обнаруживают приборы, сейсмические же волны с периодами в 1–6 секунд обязаны своим происхождением излучению энергии более крупными блоками (от сотен метров до нескольких километров).

Изложенный процесс разрушения протекает непрерывно во всем объеме литосферы, и также непрерывно меняется сама литосфера приспособляясь к внешним воздействиям. Процесс этот — самоорганизующийся. Важнейшим его свойством является неизменность горной породы — она остается сложной блочно-иерархической системой, способной к энергомассообмену с окружающим миром и, следовательно, способной вновь и вновь участвовать в сейсмическом процессе.

Можно дать следующую качественную картину поведения системы блоков земной коры в период подготовки сильного землетрясения. Когда до землетрясения еще достаточно далеко, движения блоков, их медленные относительные перемещения и деформации незначительные. Непосредственно перед сильным землетрясением, блоки сжимаются, совокупность блоков, несущих основную нагрузку — захватывает большое пространство. В дальнейшем, когда плотность энергии достигает критического значения, состояние системы становится неустойчивым. Долго оно сохраняться не может — происходит землетрясение. Характерной особенностью сейсмического режима является независимость от различий в скорости подкачки энергии в различных тектонических регионах. Структура отдельностей подстраивается под нее так, что весь сейсмический процесс протекает в окрестности критической точки.

Другими словами, увеличение скорости подкачки тектонической энергии неминуемо повлекло бы за собой такую перестройку структуры отдельностей, которая позволила бы опять приблизиться к критической точке. Близость же к критической точке (как и близость к фазовому переходу) обеспечивает степенную зависимость рассеяния энергии через землетрясения.

Вырисовывается вывод: образование самоподобных, иерархических структур в среде, в которую постоянно поступает энергия, есть имманентное свойство такой среды, способствующее скорейшему, эффектив-

ному рассеянию подкачиваемой энергии. В таких процессах самоорганизация, достигаемая с помощью обратных связей, приводит к тому, что независимо от скорости подкачки энергии система всегда работает в окрестности критической точки, что и обеспечивает степенную зависимость ее характеристик. В данном случае термин «критичность» указывает на такую неустойчивость сейсмического процесса, когда даже незначительное добавочное воздействие способно вызвать землетрясение максимальной для данного региона силы.

В заключение подчеркнем, что Земля активно реагирует на внешние воздействия. Самоорганизующиеся процессы, протекающие в горной породе, непрерывно обеспечивающие динамическое равновесие воздействий и откликов на них, позволяют говорить о том, что Земля есть живой организм.

Литература

1. Садовский М. А., Писаренко В. Ф. Подобие в геофизике // Природа.—1991.—№ 1.—С. 13–23.
2. Садовский М. А. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс // Изв. АН СССР. Физика Земли.—1989.—№ 8.—С. 10–17.
3. Николаевский В. Н. Тектонические волны Земли // Природа.—1991.—№ 8.—С. 25–30.

СЕЙСМОПРИЕМНИК НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЧ-СИГНАЛОВ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОЛНОВОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Козырев Е. Н., д. т. н., Симакин А. Г.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Прошедший век подарил миру открытие Б. Б. Голицыным гальванометрического способа наблюдений сейсмических явлений. Последующий прогресс сейсмометрии был связан с этим открытием. Продолжателями дела Голицына были русский ученый Д. П. Кирнос, американцы Вуд-Андерсен, Пресс-Юинг. Русская школа сейсмометрии при Д. П. Кирносе отличалась тщательностью проработки аппаратуры и методики метрологического обеспечения сейсмических наблюдений. Записи сейсмических событий стали достоянием сейсмологии при решении не только кинематических, но и динамических задач. Естественным продолжением развития сейсмометрии было использование электрон-

ных средств снятия информации с пробной массы сейсмометров, ее использование в осциллографии и в цифровых методах измерения, накопления и обработки сейсмических данных. Сейсмометрия всегда пользовалась плодами научно-технического прогресса XX века. В России в 70–80 гг. разработаны электронные сейсмографы, перекрывающие частотный диапазон от сверхнизких частот (формально от 0 Гц) до 1000 Гц.

Постоянно возрастающий объем проводимых сейсмических исследований и отдельные усилия, предпринимаемые в последнее время для создания средств метрологического обеспечения обширного парка сейсмической аппаратуры, требуют разработки единой системы метрологического обеспечения сейсмометрии. Это сложная научно-техническая проблема, одной из задач которой является создание образцовых сейсмических преобразователей (ОСП).

При рассмотрении требований, предъявляемых к ОСП, а также при использовании в сейсмологии идеологических и технических решений, проведенными исследованиями в лаборатории геофизики и сейсмометрии ЦГИ ВНИИ РАН и РСО-А было показано, что создание высоконадежного широкополосного и простого ОСП возможно на основе высокодобротного генератора сверхвысоких частот на базе объемного резонатора с волной типа H_{01} , важным параметром которого является стабильность частоты генерируемых колебаний. Использование волны типа H_{01} в объемном резонаторе на основе круглого волновода обеспечивает высокую добротность резонатора. Волна типа H_{01} обладает аномальными свойствами. Затухание этой волны по мере удаления от критической частоты асимптотически стремится к нулю при неограниченном росте частоты за счет наличия поперечных (кольцевых) токов. Причем, при радиусе волновода $R = (3.4)\lambda$ потери на несколько порядков ниже, чем у обычных волноводов. Конструктивные особенности резонаторов при кольцевых токах волны H_{01} приводят к самофильтрации паразитных токов волны и работе на «чистой» волне типа H_{01} .

Резонансная длина волны цилиндрического резонатора, работающего на виде колебаний H_{011} , связана с его размерами R и L известным соотношением (Семенов, 1973):

$$(\lambda_0)_{i_{011}} = \frac{2L}{\sqrt{1 + 1.48\left(\frac{L}{R}\right)^2}},$$

где R — радиус резонатора, L — длина резонатора.

Основные трудности, возникающие при практическом использовании вида колебаний H_{011} , связаны с подавлением других видов колебаний, которые могут возбудиться в цилиндрическом резонаторе, поэтому

при выборе размеров полого резонатора (выборе отношения L/R) основным критерием должно являться максимальное разделение частот рабочего H_{011} и ближайших видов колебаний.

Перестройка разностной длины волны при волне H_{01} может осуществляться при помощи передвижного поршня за счет изменения длины резонатора. При этом контакт поршня со стенками резонатора не играет никакой роли, так как токи в стенках резонатора направлены по окружности.

Для создания датчика для систем регистрации и измерения слабых (с субмикронными амплитудами) колебаний был разработан и создан высокостабильный твердотельный генератор трехсантиметрового диапазона длин волн.

Выводы

В результате исследований предложена новая конструкция датчика, позволяющая уверенно регистрировать колебания с амплитудой 0,1 мкм и менее и, таким образом, применить подобный датчик для создания систем изучения сейсмической активности и прогнозирования землетрясений. Проведенные эксперименты подтвердили подобные зависимости разницы частот рабочего и опорного резонаторов от длины резонатора.

ВТОРИЧНЫЕ КВАРЦИТЫ И ДРУГИЕ ЭФФУЗИВНЫЕ ПОРОДЫ БУРОНСКОЙ ТОЛЩИ (ГОРНАЯ ОСЕТИЯ)

Колесникова А. М., к. г.-м. н.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Проведенные нами детальные полевые наблюдения и петрохимические исследования позволили нам среди глубоко полиметаморфизованных пород буронской толщи вблизи Буронского колчеданно-полиметаллического месторождения выявить зоны и горизонты гидротермально-метасоматически переработанных кислых эффузивных пород, превращенных во вторичные кварциты (зоны выщелачивания), перемежающихся с рассланцованными порфиритоидами, обеленными слюдистыми сланцами, фельзитами.

Вопрос о первичной природе пород буронской свиты является спорным, ввиду их глубокого метаморфизма.

Многие исследователи считают, что первичные породы буронской свиты были терригенно-осадочными (Л. А. Варданянц, 1935; М. С. Баклаков, 1956; К. В. Давыдов, 1980; С. М. Тибилов, 1980 и др.).

Нами пересчитаны химические анализы различных пород буронской свиты на химические коэффициенты и изохимические ряды по методам Ниггли и академика А. П. Семененко, что вместе с петрографическими исследованиями, позволило подразделить породы буронской свиты по происхождению на пара- и орто-ряды.

К породам пара-ряда относятся слюдисто-хлоритовые сланцы, составляющие большую часть пород буронской свиты, парагнейсы и др.; к породам орто-ряда относятся гнейсы, амфиболиты, порфиритоиды, вторичные кварциты с реликтами первичных эффузивных пород.

Чрезвычайно интересными породами буронской свиты являются кварциты, изучению которых уделялось недостаточное внимание. В наиболее полном описании их отмечалось лишь, что пласты и линзы кварцитов переслаиваются с другими породами буронской свиты, имеют существенно кварцевый состав. В небольшом количестве в них присутствуют мусковит, хлорит альбит, альмандин; они имеют гранобластовую структуру (С. М. Тибилов, 1998 и др.).

Хотя кварциты с давних пор отмечаются в северной части буронского рудного поля, в 200 м севернее месторождения, где они образуют отвесные труднодоступные скалы, обрывающиеся к р. Ардон, описания их также лаконичны.

Нам впервые удалось выявить в них реликтовую порфировую (бластопорфировую) структуру, обусловленную псевдоморфным замещением таблитчатых вкрапленников плагиоклаза кварцем. Участками бластопорфировая структура в кварцитах сменяется гетеробластовой, гломеробластовой и роговиковой. По составу породы существенно кварцевые (75–80%), представляют по-видимому зону выщелачивания; в очень небольших количествах в них присутствуют серицит, хлорит, эпидот.

По направлению к северу и вверх по гребню к вершине г. Буронвек эти кварциты перемежаются с кварцево-хлоритовыми сланцами и пропилитизированными порфиритоидами. Реликты вкрапленников порфиритоидов ориентированы по направлению общего расщепления пород. Часть вкрапленников частично сохранили свои первоначально таблитчатые формы, с хорошо выраженным двойниковым строением; по составу крупные вкрапленники плагиоклаза соответствуют андезину № 33–40 (определения проводились на Федоровском столике).

Основная масса в них серицитизирована и расщеплена, приобрела лепидобластовую структуру, в ней сохранились относительно мелкие лейсты плагиоклаза. В виде обособлений, имеющих неправильную фор-

му прерывистых прожилков, в основной массе встречаются скопления карбонат-хлорит-эпидотового состава, характеризующие процесс средне температурной пропилитизации. Первоначальные эти породы по составу соответствовали андезитовому или дацитовому порфириту.

По труднодоступному скальному гребню по правому борту ущелья р. Ардон мы проследили весь разрез пород буронской свиты от вторичных кварцитов внизу до скал фельзитов вверху. Все описанные породы буронской свиты перемежаются между собой.

На высоте 1800 м среди кварцево-хлоритовых сланцев нами был обнаружен коренной выход фельзитов при согласном залегании со сланцами. Выше по гребню после обнажения фельзитов опять обнажаются скалы кварцево-хлоритовых сланцев при общем согласном залегании их с фельзитами. Еще выше по гребню через 10–15 м наблюдается крупное тектоническое нарушение типа надвига, средний азимут падения 230° с углом падения 40° , по которому кварцево-хлоритовые сланцы контактируют с фельзитами, образующими скалы высотой несколько десятков метров. Вблизи этого нижнего контакта в фельзитах наблюдается микроплочатость и микоскладчатость.

Нижний контакт горизонта фельзитов, характеризующийся согласным залеганием фельзитов и кварцево-хлоритовых сланцев, прослеженный нами по гребню, позволяет однозначно решить спорный вопрос о принадлежности этих пород к буронской свите и об отнесении их к нижнему структурному этажу.

Выделение горизонта фельзитов из состава буронской свиты и отнесение его к J_1^1 геологами ЦНИГРИ, 1964 г. и др., ошибочно.

Это подтверждается также и характером, и стратиграфическим положением верхнего контакта горизонта фельзитов с нижнеюрскими базальными конгломератами (J_1^1).

Нами впервые на контакте фельзитов-кварцитов с нижнеюрскими (J_1^1), базальными конгломератами выявлена древняя линейная (трещиновая) кора выветривания, по-видимому, одновозрастная с корой выветривания гранитов, т. е. триасовая. По склону на расстоянии около 15 м до полимиктовых песчаников, подстилающих базальные конгломераты (J_1^1), описываемые фельзиты становятся трещиноватыми; по различным ориентированным трещинам они залечиваются черным аргиллитоподобным цементом. Далее по направлению к контакту с базальными конгломератами J_1^1 трещиноватость фельзитов увеличивается. Трещиноватый материал находится *in situ*, имеет угловатые формы. Ближе к контакту размеры обломочного материала уменьшаются, постепенно угловатая форма трещиноватого материала фельзитов сменяется субугловатой и даже округлой, количество цемента увеличивается, и наконец, раз-

рушенные фельзиты с угловым несогласием перекрываются нижнеюрскими конгломератами (J_1^1), в основании которых находится полимиктовый песчаник аз. пад. 340° , угол падения 30° .

Мощность коры выветривания 15–20 м.

Особенности стратиграфического положения горизонта фельзитов — согласное залегание с породами буронской свиты, наличие коры выветривания в них, несогласное залегание на коре выветривания фельзитов базальных конгломератов J_1^1 , в совокупности с петрохимическими особенностями резко отличают эти породы от залегающих выше по разрезу нижнеюрских порфиритов (J_1^1); пространственная разобщенность пород юрской вулканогенной толщи с фельзитами позволяет с уверенностью отнести последние к нижнему структурному этажу, к породам, входящим в состав буронской кристаллической толщи.

Макроскопически описываемые фельзиты-кварциты — плотные кварцитовидные скрытокристаллические породы, имеют молочно-белый цвет, полураковистый и раковистый излом, текстура их массивная однородная.

На всем протяжении как по падению, так и по простиранию этих пород под микроскопом наблюдается, что они гидротермально-метасоматически изменены, в них повсеместно наблюдается альбито-кварцевый метасоматоз; лишь участками в них сохранилась первичная афанитовая структура, характеризующаяся отсутствием вкрапленников (фенокристаллов), участками сохранилась микролитовая структура. Измененные фельзиты имеют гетеробластовую, гломеробластовую и роговиковую структуры, обусловленные неоднородным и неравномерным распределением метасоматического альбито-кварцевого материала.

В гидротермально-метасоматически переработанных участках четко выделяется две генерации плагиоклаза. Плагиоклаз I генерации является первичным. Он представлен таблитчатыми несдвойникованными микролитами (лейстами), размеры которых колеблются в пределах 0,04–0,2 мм. Обычно плагиоклаз этой генерации мутный, пелитизированный и серетизированный с резорбированными границами лейст. По составу он соответствует олигоклазу № 17–20.

Преобладающим в породе является плагиоклаз II генерации, который имеет гидротермально-метасоматический характер образования. По составу он соответствует альбиту № 2–5 в крупнозернистых участках, и № 8–10 в более тонкозернистых (определения проводились на Федоровском столике методом А. Н. Заварицкого). Альбит ассоциирует с метасоматическим вторичным кварцем, как в относительно крупнозернистых агрегатах, так и в тонкозернистой массе. Микролиты альбита имеют удлиненную форму, размеры их колеблются в пределах $0,04\text{--}0,1 \times 0,06\text{--}$

0,3 мм. В них четко выражено двойниковое строение, двойниковые полосочки часто имеют форму язычков пламени, иногда имеют перекрещенное строение, образуя форму песочных часов. Во всех случаях плоскости (010) альбита и замещающего плагиоклаза совпадают, или же угол между ними составляет $2-3^\circ$, что обуславливает перистое и пламене-видное угасание новообразований альбита

Образования метасоматического, вторичного кварца имеют неправильные причудливые формы. Характеризуются диабластовой структурой, обусловленной неровными границами зерен и их взаимным проникновением, что указывает на их метасоматическую природу.

Фельзиты-кварциты резко отличаются от порфиритов юрской вулканогенной толщи и по петрохимическим особенностям. В частности среднее количество кремнезема в юрских порфиритах составляет 66%, в описываемых фельзитах — 76%, а в участках интенсивно гидротермально-метасоматически измененных — до 80%.

Наиболее широко альбио-кварцевый метасоматоз горизонта фельзитов (вторичных кварцитов) проявлен над Буронским и Стро-Цейским месторождениями.

Пространственное выявление и детальное изучение гидротермально-метасоматически измененных до вторичных кварцитов и порфиритоидов древних эффузивных пород нижнего структурного этажа имеет большой практический интерес, так как эти породы являются околорудными метасоматитами, с ними не только пространственно, но и генетически связано колчеданно-полиметаллическое оруденение буронского типа.

МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ДОЛИНАХ РЕК ГЕНАЛДОН И ГИЗЕЛЬДОН ПОСЛЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ ПУЛЬСАЦИИ ЛЕДНИКА КОЛКА

Комжа А. Л., к. б. н.,
Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н., **Вьюхина А. А.**
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Произошедшая 20.09.2002 г. катастрофическая пульсация ледника Колка явилась причиной коренных изменений растительного покрова части бассейна р. Гизельдон, оказавшейся в зоне транзита высокоскоростного лавинообразного потока (ВЛП) и последующего гляциального

селя (ГС). ВЛП, прошедший по долине р. Геналдон от верховьев до каньона в Скалистом хребте, и ГС, проследовавший далее по долинам Геналдона и Гизельдона, уничтожили почвенно-растительный покров на днищах и в придонных частях бортов этих долин.

В посткатастрофический период наблюдается восстановление почвенно-растительного покрова в зоне транзита ВЛП и ГС, причем на различных участках зоны транзита темпы и характер этих процессов существенно различаются.

Проведенные исследования показали, что имеет место не только закономерное (через ряд близких по эколого-фитоценотическим характеристикам стадий) восстановление существовавших до катастрофы растительных сообществ. Происходит также формирование новых фитоценозов, ранее в долине не представленных. Так, в многочисленных временных водоемах, возникающих на поверхности завала (который, по мере таяния его ледовой составляющей, все более трансформируется из каменно-ледового в ледово-каменный), формируются водно-болотные экосистемы. Наблюдается активное заселение фрагментарно задерненной поверхности завала древесно-кустарниковой растительностью.

Отмеченные явления мы склонны расценивать как реакцию растительной биоты на изменения структуры и прочих характеристик субстрата (его влажности, химизма и пр.). Следует также учитывать еще одно обстоятельство: начальный этап восстановления растительного покрова происходил при отсутствии антропогенного воздействия (пастбы, рубок и пр.). Таким образом, в данный период мы имели редкую возможность наблюдения за естественным ходом сукцессий, не осложненных хозяйственной деятельностью человека.

В предкатастрофический период Канийская семиаридная котловина Северной юрской депрессии характеризовалась относительно сухим климатом, определявшим характер растительности рассматриваемой территории. Очевидно, процесс восстановления в зоне транзита прежних фитоценозов будет в ближайшей перспективе существенно осложнен из-за высокой обводненности ледово-каменного завала (в результате таяния его ледовой составляющей, а также подтопления водами Геналдона и его притоков) и общей гумидизации микроклимата района после 20.09.2002 г.

При анализе динамики растительности в зоне транзита необходимо учитывать и то, что восстановительные процессы протекают под общим воздействием такого фактора как изменившийся химизм субстрата. Из верховьев Геналдона (Боковой хребет) ВЛП транспортировал в нижележащие участки долины огромный объем обломочного материала существенно отличающегося по химическому составу от зональных горных

пород. Таким образом, в области Канийской котловины, Скалистого и Пастбищного хребтов были сформированы новообразованные субстраты. Это дает нам повод высказать предположение о том, что в рамках крупной природной катастрофы протекают процессы, которые по характеру воздействия на растительность можно квалифицировать как локальные экологические катастрофы, связанные с поверхностным изменением химизма субстрата на отдельных участках ландшафта. Особенно отчетливо это прослеживается в области развития и аккумуляции карбонатных пород, ныне перекрытых инородным по химическому составу обломочным материалом.

Данное обстоятельство может стать причиной дифференциаций в скорости заселения растениями разных участков зоны транзита. Очевидно, различными будут при этом и стратегии восстановления на них растительного покрова, а также видовой состав формирующихся фитоценозов. Таким образом, с одной стороны, для видов, индифферентных в отношении химизма субстрата, представляются благоприятные возможности быстрого освоения обширных, нивелированных ВЛП и ГС, пространств днищ долин. Эти процессы уже можно наблюдать в пределах всей зоны транзита.

С другой стороны, внедрение чужеродных химических фракций в элементы микрорельефа может временно затруднить возвращение на известняковые скалы ряда специализированных видов, имеющих узкий диапазон в отношении химизма субстрата и произрастающих исключительно на карбонатных породах. Среди них немало редких и исчезающих видов растений, включенных в республиканскую и федеральную Красные книги.

В этой связи представляется весьма актуальным продолжение работ по биоиндикации последствий гляциальной катастрофы, а также мониторинг процессов восстановления растительности на различных участках зоны поражения (с учетом положения в рельефе, высотной приуроченности, характера субстрата и пр.). На начальном этапе работ выполнено обобщение сведений по теме исследований (обработка литературных источников, фондовых и полевых материалов) с целью создания информационной базы. Для целей мониторинга выбраны репрезентативные участки, в пределах которых заложены геоботанические площадки. Проведено флористическое и геоботаническое обследование территории, в результате которого выявлены некоторые предварительные закономерности динамики растительности на данном этапе сукцессий.

В процессе дальнейших исследований предполагается: мониторинг восстановления растительного покрова в зонах транзита и разгрузки ВЛП и ГС; изучение хода сукцессионных процессов на различных суб-

стратах (скальных, щебнистых и пр.), а также особенностей формирования группировок травянистой и древесно-кустарниковой растительности, их структуры и динамики видового состава; выявление последствий длительного низкотемпературного воздействия каменно-ледового завала и обводненных завальных грунтов на предкатастрофический и посткатастрофический растительный покров; регистрация антропогенного воздействия на ход процессов восстановления растительного покрова в Каньинской котловине.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ НАМЫВА ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Лолаев А. Б., д. т. н.,
Акопов А. П., Оганесян А. Х., Сумин М. Н.
(СКГМИ (ГТУ), Владикавказ, Россия)

Существующие и строящиеся горно-обогатительные и горно-металлургические предприятия перерабатывают десятки миллионов тонн руды и сырья и соответственно сбрасывают сотни миллионов тонн отходов обогащения и производства, для складирования которых требуются специальные хранилища.

Проблема строительства и эксплуатации накопителей отходов является весьма актуальной особенно для районов распространения многолетне мерзлых пород. Вопросы эксплуатации гидротехнических сооружений, являются тем более острыми потому, что проектная технология, как правило, постоянно находится в состоянии совершенствования, поисков и экспериментов, что обуславливается изменяющимися, в процессе эксплуатации составом и свойствами хвостов, геокриологическими условиями, как оснований, так и тела подпорных сооружений, и т. д.

Разработка технологических схем намыва, определяющих устойчивость и экологическую безопасность гидротехнических сооружений, является одним из основных ответственных моментов.

Объектом исследований настоящей работы является намывное гидротехническое сооружение «Лебяжье», расположенное на территории Норильского промышленного района НПР. В настоящее время хвостохранилище «Лебяжье» представлено двумя полями. Первое поле эксплуатируется с 1983 г. и имеет абсолютные отметки гребня ~70 м. Второе поле хвостохранилища «Лебяжье» находится в стадии строительст-

ва, абсолютные отметки гребня ограждающей дамбы составляют 46–47 м. На конец эксплуатации хвостохранилище должно представлять собой единый накопитель с отметкой гребня 90. Таким образом, к настоящему времени хвостохранилище «Лебяжье» в целом представляет собой один из наиболее неблагоприятных видов накопителей — каскадный, с перепадом уровней воды в первом и втором отсеках более 20 м.

В соответствии с проектом эксплуатации намыв дамбы будет производиться равномерно, чередуясь на первом и втором полях. При такой технологии намыва первое поле достигнет проектной высоты намного раньше, при этом перепад высот первого и второго полей будет сохраняться, а устойчивость всего комплекса снижаться. Следует отметить, что разделительная дамба хвостохранилища находится в неудовлетворительном состоянии (деформации), а при подъеме уровня воды во втором поле она будет постепенно уходить под воду, поэтому вопросы ее устойчивости и водопроницаемости остаются открытыми. Обеспечение устойчивости сооружения на весь период эксплуатации хвостохранилища «Лебяжье» может быть достигнуто путем разработки и оптимизации технологии намыва сооружения в сочетании с моделированием процессов, происходящих в теле дамбы при объединении двух полей и расчетами устойчивости.

Варианты намыва и складирования хвостов исследовались с помощью физико-математического моделирования. Объектом исследований являлось обоснование параметров моделирования, соответствия с позиций теории подобия результатов модельных испытаний натурным, моделирование способов намыва двух полей в летний и зимний периоды с недопущением замерзания воды в прудке. На основе анализа математических расчетов и результатов модельных испытаний в ходе апробации были определены оптимальные технологические параметры схемы намыва дамбы.

Разработанная технология намыва учитывает высоту намыва дамбы за один цикл и в целом за год, ширину фронта намыва, количество намываемых хвостов, календарный график работ и т. д. На рис. 1 представлена разбивка пляжа на секторы для определения объема намываемых хвостов. Далее определялся объем намываемых хвостов за цикл. Намыв пляжа из хвостов производится постепенным перемещением участка намыва длиной 900–1200 м по ходу движения пульпы в распределительном пульповоде, проложенным по гребню ограждающей дамбы (рис. 2). Календарный график намыва составляется на весь год. Это, в свою очередь, позволило спроектировать длительность эксплуатации дамбы на период достижения проектной отметки (рис. 3).

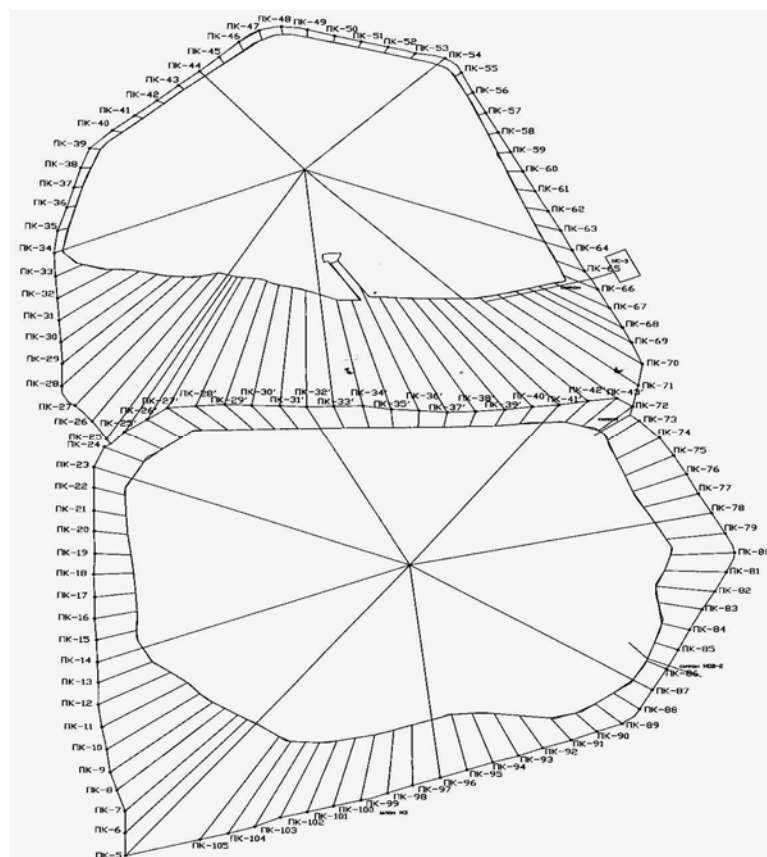


Рис. 1. Разбивка пляжа на секторы.

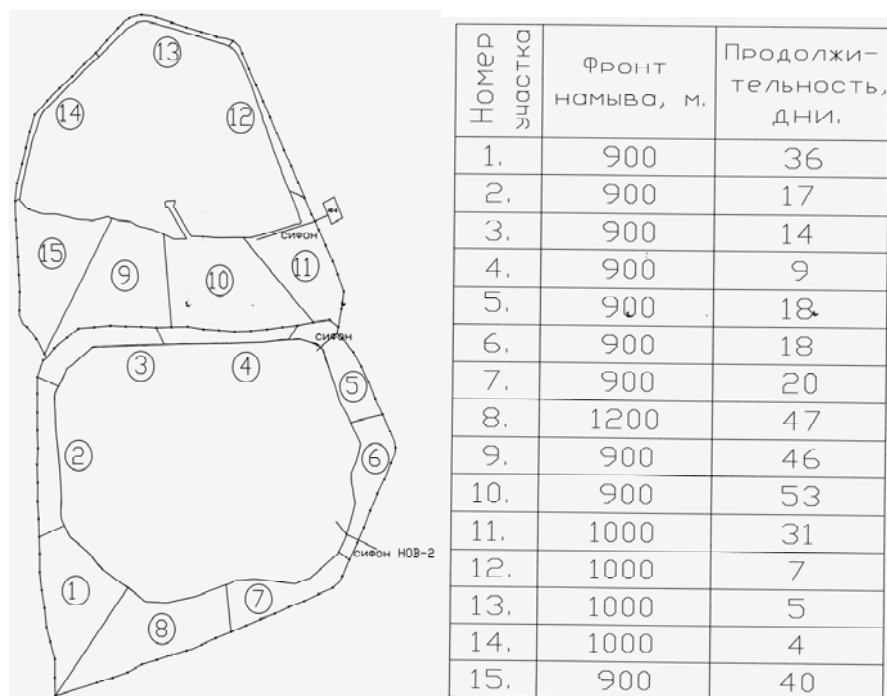


Рис. 2. Последовательность намыва участков.

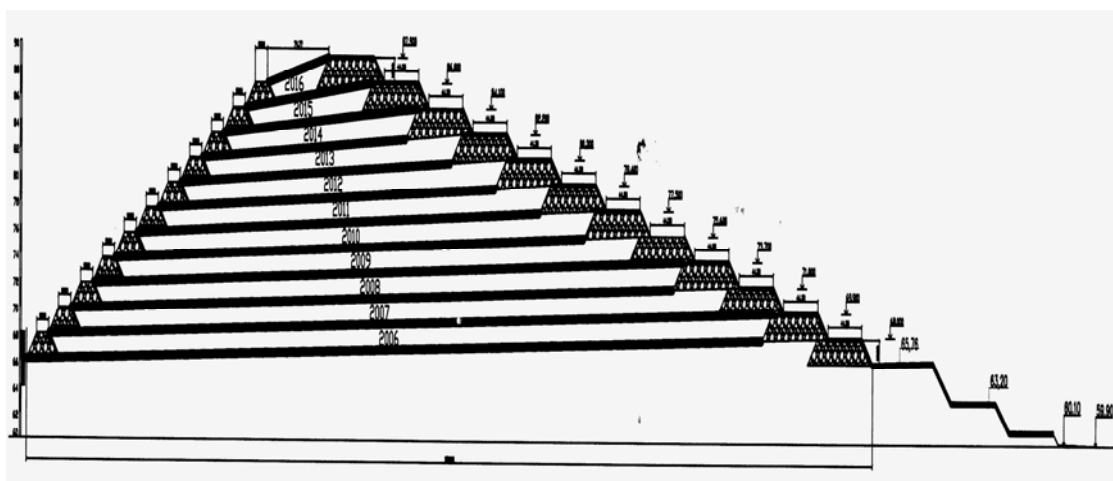


Рис. 3. Схема намыва дамбы по годам.

В процессе намыва и последующей консолидации устанавливаются закономерности изменения физико-механических свойств намывных грунтов, проводятся многовариантные расчеты устойчивости с использованием всех установленных выше закономерностей. Полученные результаты заносятся в базу данных и могут пополняться в процессе получения новых данных о строении намывного массива или физико-механических свойствах хвостов его слагающих. На основании проведенных работ выполняется обобщение результатов и разрабатываются основные положения технологического регламента.

Таким образом, расчетное сопровождение будет заключаться в сравнении информации, получаемой в результате стандартного мониторинга безопасности гидротехнических сооружений с имеющейся в базе данных, и при несовпадении хотя бы одного из параметров проводятся поверочные расчеты и вносятся коррективы в технологические параметры намыва.

К ВОПРОСУ МЕТОДОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Лолаев А. Б., д. т. н.

(СКГМИ (ГТУ), Владикавказ, Россия),

Баскаев А. Н., к. т. н.

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Цель сейсмического микрорайонирования состоит в определении приращения балльности исследуемого участка по сравнению с эталонным участком на основании изучения влияния инженерно-геологических, гидрогеологических и геоморфологических условий.

На сегодняшний день существует два метода сейсмического микрорайонирования территории: инструментальный и расчетный, каждый из которых включает ряд способов [1]. Реализация подобных методик связана с целым рядом трудностей как объективного, так и субъективного характера. Как правило, всегда требуется большое количество всевозможных измерений, что влечет за собой как временные, так и материальные затраты.

Некоторые из этих проблем можно решить, применив теорию нечетких множеств (ТНМ) Заде [4], позволяющую представлять расплывчатые высказывания эксперта стандартным математическим языком в виде лингвистических переменных. При решении данной проблемы используется самая разнообразная информация как количественная, так и качественная. Нередко информация бывает неопределенной либо ее вовсе недостаточно. В связи с этим для построения прогностических моделей больших систем применение детерминированных или вероятностных методов не всегда дает ожидаемый эффект в силу либо больших допущений, либо чрезмерной сложности описываемой системы и как следствие аппроксимирующей модели.

Обеспечение надежности и достоверности получаемых результатов и выводов достигается применением теории планирования экспериментов, согласно которой составляется матрица опроса эксперта с представленными в ней закодированными переменными. Очень важно выбрать те значимые переменные, которые и, по мнению эксперта и объективно влияют на изучаемый процесс.

Оценка адекватности полученной модели изучаемому явлению заключается в сопоставлении расчетных значений по полученному полиному и экспериментальных значений традиционными статистическими методами [2].

Целью настоящей работы является построение модели для приращения балльности площадки на основе данных инженерно-геологических изысканий.

Подход к решению поставленной задачи опирается на теорию нечетких множеств, в частности логико-лингвистических.

При применении ТНМ в итоге получается уравнение с несколькими переменными (X_n). В качестве таких переменных нами были выбраны: тип глинистого грунта, показатель консистенции, коэффициент пористости, рельеф (угол наклона поверхности), мощность (толщина) грунтового слоя. В полученном уравнении каждой переменной соответствуют значения X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 . Значению Y соответствует приращение балльности площадки, сложенной из глинистого грунта.

Для каждой переменной разработана численная шкала от минимального значения до максимального (табл. 1). Наиболее благоприятным грунтовым условиям соответствует рейтинговая оценка 0 баллов. Наихудшим грунтовым условиям соответствует рейтинговая оценка 2 балла. Диапазон изменения приращения балльности площадки (0–2) выбран таким образом, что он совпадает с диапазоном, в котором изменяется приращение сейсмической интенсивности.

Таблица 1

Данные переменных, выбранные для определения рейтинговой оценки площадки, сложенной из глинистого грунта

	Y Приращ. балльности, баллы	X ₁ Тип грунта	X ₂ Показатель консист. I_L	X ₃ Коэфф. порист. e	X ₄ Рельеф, градусы	X ₅ мощ- ность слоя, м
Лучший вариант	0	глина	полутверд. $0 < I_L \leq 0,25$	$e \leq 0,6$	0	0–5
Худший вариант	2	супесь	текучая $I_L > 1$	$0,8 < e \leq 1,0$	>20	35–40

После математических преобразований было получено уравнение, определяющее приращение балльности площадки, сложенной из глинистого грунта (в баллах):

$$Y = 1,17 - 0,08 X_1 + 0,14 X_2 - 0,17 X_3 + 0,5 X_4 + 0,06 X_5 + 0,19 X_2 X_3,$$

где $X_1 = -1$ для супесей, $= 0$ для суглинков, $+1$ для глин; $X_2 = [X_{2(\text{факт})} - X_{2(\text{ср})}] / X_{2(\text{ср})}$; $X_3 = -[X_{3(\text{факт})} - X_{3(\text{ср})}] / |X_{3(\text{ср})} - X_{3(\text{кр})}|$; $X_4 = [X_{4(\text{факт})} - X_{4(\text{ср})}] / X_{4(\text{ср})}$; $X_5 = [X_{5(\text{факт})} - X_{5(\text{ср})}] / X_{5(\text{ср})}$; $X_{\text{ср}}$ — среднее значение переменной по шкале; $X_{\text{кр}}$ — крайнее значение (max или min) переменной по шкале; $X_{\text{факт}}$ — фактическое значение переменной.

Подставляя в уравнение переменные, соответствующие лучшему варианту, получаем $Y = 0,03$, что соответствует малому приращению балльности площадки. Подставляя в уравнение переменные, соответствующие худшему варианту, получаем $Y = 1,93$, что соответствует значительному приращению балльности площадки.

Проведем оценку адекватности полученной модели изучаемому явлению. В работе [3] с помощью инструментального метода (способ слабых землетрясений) для условий города Владикавказ исследована площадка, сложенная из глинистого грунта. Грунт представлен суглинками мягкопластичной консистенции ($I_L = 0,6$) с коэффициентом пористости $e = 0,9$ и мощностью 6 м. Угол наклона поверхности составляет $2,5^\circ$. По данным инструментального метода приращение балльности данного участка составляет 0,65 балла. По полученной нами модели приращение составило 0,85 балла. Как видим, наблюдается удовлетворительная сходимость значений, полученных разными методами.

Данная методика является универсальной при описании и изучении любых сложных плохо формализуемых явлений. Поэтому применение теории нечетких множеств вполне обосновано при определении балльности территории.

Литература

1. Заалишвили В. Б. Физические основы сейсмического микрорайонирования.— М.: ОИФЗ РАН, 2000.—367 с.
2. Лолаев А. Б. Инженерно-геокриологические проблемы освоения криолитозоны.—М.: Российская инженерная академия. Фонд развития технологий Севера, 1998.—154 с.
3. Мельков Д. А. Влияние грунтовых условий на проявление землетрясений по данным инструментальных наблюдений на урбанизированной территории Северного Кавказа // Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе.—Владикавказ: ВНИЦ РАН и PCO-A, 2006.—С. 178–198.
4. Zadeh L. A. The concept of a Linguistic variable and its application to approximate reasoning. I // Inf. Sci.—1975.—Vol. 8.—P. 199–249.

ОБ ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА

Маммедли Т. Я., к. г.-м. н.
(РЦСС НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан)

Оценка сейсмической опасности территорий сейсмоактивных регионов является одной из главных задач современной сейсмологии. Эта задача, как для территории Азербайджана, так и бывшего СССР решалась неоднократно. Однако, каждый раз при проявлении новых сильных землетрясений в местах, где они раньше не наблюдались или не предполагались, по мере развития исследований в областях сейсмологии и сейсмотектоники, а также разработки новых методов оценки сейсмической опасности, эти карты пересматривались заново. В этой связи, с целью усовершенствования и уточнения карт сейсмического районирования более подробно исследовались и исторические землетрясения, и землетрясения возникающие в настоящее время.

Тем не менее, анализ показывает, что и ныне действующая карта сейсмического районирования Азербайджана (СР-89) не отражает реальную сейсмическую опасность территории республики. Требуется новый подход к методике картирования сейсмической сотрясаемости.

Нами разработан метод выявления очаговых зон по слабой сейсмичности, который, в отличие от генетического метода, применяемого при составлении карты СР-78 и СР-89, позволяет более достоверно определять потенциально опасные зоны территории республики.

Одним из преимуществ этого метода, является возможность установления протяженности (L) каждой очаговой зоны и их сейсмический потенциал ($M_{\max}$).

На основе этого метода на территории Азербайджана выделяются многочисленные очаговые зоны с определенными значениями магнитуд максимально возможных землетрясений в них. Используя эти результаты, по известным формулам Н. В. Шебалина и значениям постоянных параметров уравнений макросейсмического поля, определенных Ф. Т. Кулиевым для горных и депрессионных зон Азербайджана, нами рассчитаны ожидаемые сейсмические эффекты от этих очагов на поверхности Земли.

На полученной карте, как и на карте СР-89, фоновый уровень сейсмических сотрясений составляет 8 баллов. Наиболее высокая сейсмическая опасность (10 баллов) ожидается в Шамахи-Исмаиллинской зоне.

Другая, относительно небольшая зона с такой же потенциальной опасностью, выделяется на границе Азербайджана с Дагестаном.

9 балльные зоны на карте охватывают значительную часть территории. Они по конфигурации отличаются от аналогичных зон на карте СР-89. Выделяются (на западе и на востоке республик) и небольшие участки с низким уровнем (7 баллов) сейсмической опасности.

ON CORRECTION OF EPICENTER LOCATION OF Xth CENTURY CASPIAN SEA ONSORE EARTHQUAKE

Panahi B. M., Doctor of geological and mineralogical sciences
(Geology Institute, ANAS, Baku, Azerbaijan)

Earthquakes in Azerbaijan are known from ancient period, and the first devastating seismic occurrence is dated by 427 A.D. As a whole the historical records on ancient earthquakes had been collected from different sources as manuscripts, annals, chronicles, traveler notes etc., and presented in the well-known catalogues and bulletins (Mushketov, Orlov, 1893; Malinovski, 1935; Byuss, 1949; Atlas, 1961; Sultanova, 1966, 1986; Kuliyeu and Kasparov, 1974; New catalogue, 1977; Ambraseys and Melvill, 1982; GSHAP, 1996). Despite of big analytical work done by predecessors the debatable records in these fundamental publications still remain and earthquake of 957 A.D. is the obvious example of that misunderstanding.

Discrepant historical records about this earthquake passed through abovementioned sources even in GSHAP Project without any change. The «New Catalogue of strong earthquakes in the USSR territory» (1977) presents main parameters of this earthquake and includes several references used to ground the position of disastrous earthquake of 957 A.D. within the Pre-Caspian lowland (north-eastern Azerbaijan).

The analysis of these misunderstandings and newly collected sources had been done by B.M.Panahi in 1989 in the frame of thesis of his candidate dissertation, the outlines of which present a subject of present publication. The result of analysis demonstrates the groundlessness of earthquake location within Pre-Caspian lowland of the Eastern Azerbaijan.

The «Catalog of Russian Empires' Earthquakes» (Mushketov and Orlov, 1893) is a first Russian scientific source which refers to earthquake of 957 in the following way «...earthquake occurred on lands of the Caspian Sea which

waters moved aside on 300 cubits and there is no designated place of affected area». Later the description of earthquake was reiterated word for word in the Catalog of Azerbaijan Earthquakes (Malinovski, 1935). In somewhat later publication Malinovski (1948) paying attention on short and limited character of earthquake record stated the removal of sea waters on 300 cubits as a sign of a big deformation in the Caspian Sea bottom. In this case all onshore area round the Caspian Sea should be affected by the large-scale displacement of a sea bottom not only in some one place as it was mentioned in very short chronicle of event, and the anomalous change of the Caspian Sea level should accompany the earthquake. Change of the Caspian Sea level was marked by «appearing of islands» and outcropping of «rocks» in «The history of Persian earthquakes» by Ambraseys and Mellvill with the reference to «Muntazam» of Sani-al-Doule (1982).

The information on a big earthquake occurring on the Caspian Sea land area in 957 and accompanying with a heavy wave which approached a coast (Apollov 1936) could be considered as an evidence of anomalous sea level change during that historical period. In principle a probability of a large-scale tectonic disaster in the South Caspian Sea was as well as assumed by Sorokin (1928) on the base of some geological data. Specifically he supposed a probability of repeated tectonic disasters in the southern part of the Caspian Sea where the «earth crust movements were occurred along existed fault lines». The forms of strong earthquakes isoseismals in the Caspian Sea southern framing are in close relation with that. Being of asymmetric form the isoseismals are generally stretched along the regional latitudinal tectonic structures.

According to Ibn-Miskava and Ibn-Asir (Ambraseys and Mellvill, 1982) a disastrous earthquake of 346 hj (958) in Northern Persia destroyed all villages around Ray and at-Talikan cities. The highland localities both of regions (mostly Ray) were totally destroyed.

As well as there is a short information from al-Dhahabi and ibn al-Imad about strong destructions in 150 villages of Ray and 30 localities of at-Talikan caused by earthquake of 346 hj (Ambraseys and Mellvill, 1982). Referring to «Muntazam» (Ambraseys and Mellvill, 1982) both authors noted that a «mountain locating not far of Ray was cleft by earthquake and water began flow out it». Biruni chronicle (Ambraseys and Mellvill, 1982) includes also a record relating to this event which informs about forming of a lake in result of strong collapses that dammed a river in the mountains of Ruyan northern of Ray. The shaking area of the earthquake included a North-West Dailam and South of Gum and Kushan and was also felt in Isfahan and Baghdad. As a

whole the destructive shocks were lasted 14 days long and were felt over the Northern Persia.

About strong earthquakes sequence occurring with various intervals in Ray and its surroundings in 346 hj and lasting about 40 days long informs the «Earthquake Treatise» (Jalal-al-din as-Suyuti, 1983). The ground collapses were appeared in at-Talikan city and 150 localities of Ray. A mountain in Ray was cleft by earthquake and ground surface was covered by big cracks and fissures through which stinking water and smoke became to flow out.

According to abovementioned discussion of scientific papers and Arabian chronicles we can state that spatial position of 957 A.D. earthquake shown by the «New catalogue of strong earthquakes of the USSR territory» is not correct. Probably the reason is that in «New catalogue...» earthquake epicenter location was done in accordance with the sources (Apollov, 1936; Byuss, 1948; Mushketov, 1893, 1899; Nikitin, 1963) citing word for word incomplete information of Mushketov's «Catalogue».

There is a record in descriptions of seismic disasters of Iran and Turkmen regions (Rezanov, 1958) stating the following: «...957 — strong earthquake on the South coast of the Caspian Sea; tsunami. Many killed in **Pay**». As likely as not it is the **Ray** that tried serious destructions during that earthquake. Error in the name of city could be resulted from grammatical or conversational mistakes. The exact place of happening disaster within the «southern coast of the Caspian Sea» was the character of present record. Evidently, the authors disposing of additional information have published them in the later articles (Rezanov, 1958, Ambraseys and Mellvill, 1982).

In X-th Century the whole North-Eastern Azerbaijan was one of the significant commercial and economic centers of Caucasus and Middle Asia due to that this period was comprehensively and in detail described in the chronicles of ancient Arabian geographers. If such collision were the case than it should be recorded in chronicles of Istakhri, Khaukal, Yakut, Balam, Tabari, Hamdallah Kazvini etc so far as such scale of disaster had to be reflected on regional political and migratory processes.

Results of archeological excavations conducting many years in the territory of ancient Shabran city didn't give us any evidence of devastating earthquake in north-eastern Azerbaijan. Besides, the destructions of walls of Narin-Kala castle had been resulted from sea transgressions and were not of seismic nature (Kudryavtsev, 1982; Apollov, 1936).

Thus, more detailed investigation of existed information and analysis of additional sources allow us to assert that «New catalogue of strong earthquakes of the USSR territory» contains wrong parameters of 957 earthquake,

including date of an event. The seismic source was occurred in the Caspian Sea southern frame within Alborz seismogenic zone, which being an extensive zone is able to generate earthquakes of magnitude $M=6-7$ and intensity $I = IX-X$ degrees of MSK.

This zone is conditioned by the faults system rupturing dense crystalline Paleozoic basement which outcropping in some places divides South-Caspian sedimentary basin from Alborz folding zone.

О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРОГНОЗНОЙ СИСТЕМЫ НА ВЛАДИКАВКАЗСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Певнев А. К., д. т. н.
(ИФЗ РАН, Москва, Россия)

С позиций сейсмической опасности г. Владикавказ расположен крайне неблагоприятно — южная граница города находится всего лишь в нескольких километрах от Владикавказского сейсмогенного разлома. Более того, согласно последним данным почти вся южная часть города расположена на нем. Хотя инструментальными наблюдениями в этом разломе зарегистрированы землетрясения с магнитудами до пяти, однако в действительности его потенциальные возможности гораздо больше. Согласно выполненным в последние годы детальным сейсмотектоническим исследованиям с применением «тренинг» метода установлено, что этот разлом порождал в прошлом землетрясения с магнитудами около семи [1]. А так как разлом и в настоящее время является сейсмоактивным, то и теперь велика вероятность порождения им сейсмических катастроф.

Следует отметить, что в последнее время сейсмическая активность Владикавказского разлома несколько уменьшилась и поэтому можно полагать, что это снижение сейсмической активности разлома означает возникновение здесь «зоны затишья», которая может возникать при подготовке крупного сейсмического события.

С учетом изложенных обстоятельств и расположения г. Владикавказа непосредственно рядом с сейсмогенным разломом *и возможного появления в нем зоны затишья*, возникает необходимость создать на Владикавказском разломе систему наблюдений, способную ответить на вопрос готовится или нет в этом разломе очаг, способный породить

сильное землетрясения. Для этой цели следует использовать прогнозные возможности деформационно-геодезического метода, который позволяет:

1. Определять в исследуемом участке сейсмогенного разлома местоположение готовящегося очага землетрясения, т. е. *осуществлять точный прогноз места этого очага.*

2. Определять размеры очага готовящегося землетрясения, что равносильно *прогнозу максимальной силы будущего землетрясения.*

Основными элементами такой системы являются деформационно-геодезические прогнозные профили, ортогонально пересекающие сейсмогенный разлом. Длины таких профилей должны быть сопоставимы с шириной очагов сильных землетрясений — первые десятки километров. С целью достоверного определения вида измеряемых деформаций профили должны быть оснащены достаточным для этой цели количеством пунктов наблюдений. Есть основания считать, что максимальное расстояние между смежными пунктами профиля не должно превышать один километр. Мониторинг таких профилей позволит однозначно ответить на вопрос — накапливаются ли в исследуемом участке сейсмогенной зоны упругие сейсмогенные напряжения, т. е. готовится или нет в этом месте очаг землетрясения. Деформационно-геодезическую основу Владикавказского прогнозного полигона целесообразно создать в виде шести геодезических прогнозных профилей, пересекающих Владикавказский сейсмогенный разлом. По условиям рельефа (транспортная доступность пунктов наблюдений) указанные профили следует расположить в долинах рек Ардон, Фиагдон, Гизельдон, Терек, Терчак и Сунжа. Предлагаемое размещение профилей показано на рис. 1.

Если в результате исследований будет зафиксирован процесс накопления сейсмогенных деформаций упругого изгиба, то возникнет необходимость в организации постоянных наблюдений приемниками ГЛОНАСС/GPS на том или ином количестве пунктов наблюдений с целью исследования тонкой структуры деформационных процессов как на стадии формирования очага, так и на стадии его разрушения. Это может положить начало определению закономерностей разрушения очагов землетрясений непосредственно в природных условиях (теперь это пытаются делать только в лабораториях).

Совершенно очевидно, что исследования на полигоне должны быть комплексными. Это крайне необходимо для поиска путей решения проблемы прогноза времени землетрясения.

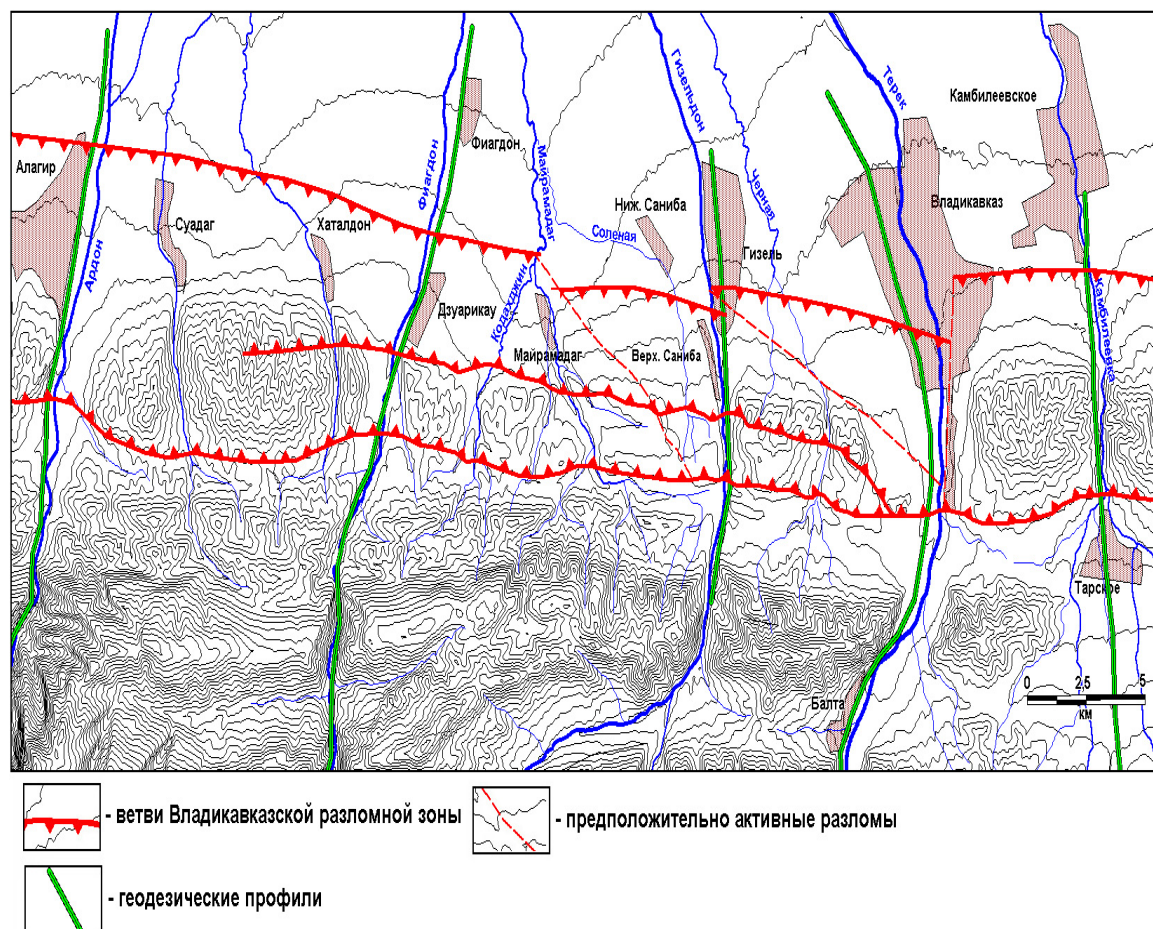


Рис. 1. Схема геодезической прогнозной системы Владикавказского геодинимического полигона.

Литература

1. Рогожин Е. А., Гурбанов А. Г., Мараханов А. В., Овсяченко А. Н., Спиридонов А. В., Бурканов Е. Е. О соотношении проявлений землетрясений, вулканизма и катастрофических пульсаций ледников Северной Осетии в голоцене // Вестник Владикавк. НЦ.—2004.—Т. 4, № 3.—С. 41–50.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОВОЙ ПОДУШКИ ПРИ ЗАПОЛНЕНИИ ТРЕЩИНЫ МАГМАТИЧЕСКИМ РАСПЛАВОМ^{1,2}

Радионон А. А.

(ЮМИ ВНИЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Модельной трещиной принималась цилиндрическая область диаметром d'_0 , высотой z'_0 , имеющая вертикально расположенную ось. В ней вводилась вертикальная координата Z меняющаяся от 0 до высоты трещины z'_0 , начало которой совпадало с точкой сопряжения трещины и магматической камеры. Внутри поднимающегося расплава вводилась вертикальная координата z меняющаяся от 0 до 1 внутри этого столба. Эти координаты связаны соотношением $Z = h(t)z$, где $h(t)$ — высота столба расплава внутри трещины. Течение расплава рассматривается в нестационарной одномерной постановке, в которой все величины зависят от вертикальной координаты z и времени t , а характеризующие расплав в ячейке температура, вязкость и содержание летучих также зависят от расстояния от границы пузырька.

Скорость поднимающегося столба магмы V_h находилась из решения уравнения изменения импульса, записанного для столба магматического расплава:

$$\frac{dV_h}{dt} = -Eu \frac{\Delta p}{h} - Fr - ArV_h \langle \mu \rangle, \quad (1)$$

с начальным условием $V_h = 0$. Учитывается среднее по высоте столба вязкое трение о стенки трещины $\langle \mu \rangle$, взятое в форме Пуазейля. Решение определяют следующие параметры (система уравнений приводилась к безразмерному виду, штрихом отмечены размерные переменные, с индексом нуль — масштабы их величин): $Eu = \frac{p'_0 t'_0}{\rho'_0 z'_0 V_{h0}}$, $Fr = \frac{g' t'_0}{V_{h0}}$, $Ar = \frac{\mu'_0 t'_0}{d_0'^2}$, где $\Delta p(h, t) = p_{gt}(h, t) - p_0$ разность между давлением газа, находящимся над столбом магматического расплава и давлением в магматическом

¹ Работа выполнена в рамках темы фундаментальных исследований ОНЗ РАН «Развитие технологий мониторинга, экосистемное моделирование и прогнозирование при изучении природных ресурсов в условиях аридного климата» тема «Математическое моделирование геофизических процессов вулканических центров Центрального Кавказа» 2008 г.

² Работа поддержана грантом Фонда содействия отечественной науке.

очаге, λ — безразмерная величина, зависящая от формы трещины. В случае цилиндрической трещины $\lambda = 32$ [1]. Давление газа p_{gt} над столбом магмы зависит от высоты $h(t)$ и вычисляется с использованием уравнения Ван-дер-Ваальса. Высота $h(t)$ столба магмы находилась интегрированием по времени полученной из уравнения (1) скорости подъема V_h , с начальным условием $h = h_0$.

Для определения средней вязкости $\langle \mu \rangle$ заполненной расплавом части трещины, а также массы газа $m(t)$ в газовой подушке, использовалась модель двухфазной среды, включающую в рассмотрение уравнение состояния парового пузырька в ячейке расплава, уравнение Рэлея — Ламба роста парового пузырька, а также уравнения, учитывающие изменения температуры и содержания летучих в ячейке магматического расплава, связанные с ростом паровых пузырьков и фрагментацией расплава.

В связи с тем, что процесс дегазации не начинается мгновенно, время необходимое базальтовому расплаву для фрагментации составляет порядка 0,02 сек. [3, 4]. Это время зависит от параметров в выражении для вязкости расплава

$$\mu' = \mu_0 \exp(E_\mu / (R'T_m)), \quad (2)$$

где $E_\mu = E_\mu^0(1 - k_\mu c)$ — энергия активации вязкого течения; E_μ^0 — энергия активации для «сухого» расплава; k_μ — эмпирический коэффициент; μ_0 — предэкспоненциальный множитель; R' — универсальная газовая постоянная. При значениях $E_\mu^0 = 1,75 \cdot 10^5$, $k_\mu = 6$ характерных для базальтовых расплавов, газовая подушка не образуется в трещинах, вертикальный размер z'_0/d'_0 которых меньше 4.

Для трещин длиной больше 4 заполняющий ее расплав фрагментируется, однако для длин меньше 10 массы газа, появляющегося в газовой подушке, недостаточно для изменения режима заполнения трещины. При вертикальном размере трещины, превышающем 10, массы пара в газовой подушке достаточно, чтобы рост давления в газовой подушке компенсировал поступательное движение заполняющего трещину расплава. После заполнения трещины сжатая газовая подушка отбрасывает заполняющий трещину расплав в обратном направлении, и расплав колеблется вдоль трещины. Эти колебания расплава достаточно быстро затухают. Давление газа в подушке при колебаниях может существенно превышать предел прочности вмещающей породы, в результате трещина должна раскрываться далее. В модели не реализован учет процесса раскрытия трещины при достижении критерия разрушения горных пород.

Зависимость давления в газовой подушке от времени приведена на рис. 1.

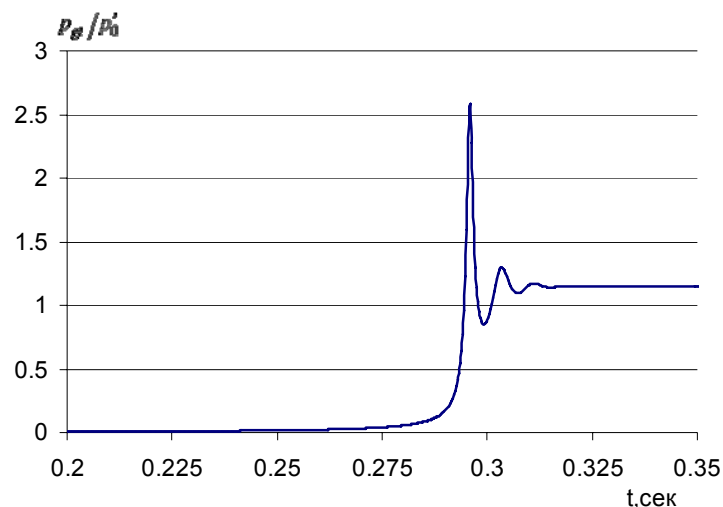


Рис. 1. Характерная зависимость давления в газовой подушке p_{gt} времени при параметрах расплава: $E_{\mu}^0 = 1,75 \cdot 10^5$, $k_{\mu} = 6$, $z'_0/d'_0 = 10$, $T'_0 = 1270^\circ K$.

Для относительно длинных трещин, при значениях z'_0/d'_0 больших 30 колебаний давления в газовой подушке не наблюдается. Масса газовой подушки в этом случае велика и давление в ней плавно, без колебаний достигает значений равных давлению в очаге за вычетом веса столба заполнившего трещину расплава. Рост таких трещин возможен только в случае увеличения давления в очаге и не сопровождается пульсациями давления в газовой подушке. Для более коротких трещин возможно раскрытие вследствие увеличения давления в газовой подушке до значений, превышающих предел прочности вмещающей породы. Такие трещины могут расти до максимального размера, определяемого характеристиками расплава в магматическом очаге. Еще более короткие трещины, в которых расплав не успевает дегазироваться, по-видимому, раскрываются только вследствие действия напряжений во вмещающей породе, приведших к образованию исходной трещины.

Литература

1. Melnik O. Dynamics of two-phase conduit flow of high-viscosity gas-saturated magma: large variations of sustained explosive eruption intensity // Bull Volcanol.—2000.—Vol. 62.—P. 153–170.
2. Lyakhovsky V., Hurwitz S., Navon O. Bubble growth in rhyolitic melts: experimental and numerical investigation // Bull Volcanol.—1996.—Vol. 58.—P. 19–32.

3. Proussevitch A. A., Sahagian D. L. Dynamics and energetics of bubble growth in magmas: analytical formulation and numerical modeling // J. Geophys. Res.—1998.—Vol. 103, № B8.—P. 18223–18251.
4. Чернов А. А. Об одной модели затвердевания магмы в процессе эксплозивного вулканического извержения // ПМТФ.—2003.—Т. 44, № 5.—С. 80–90.

СЕЙСМОТЕКТОНИКА РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ

**Рогожин Е. А., д. г.-м. н.,
Овсяченко А. Н., Мараханов А. В.**
(ИФЗ РАН, Москва, Россия)

Территория Республики Северная Осетия – Алания (РСО-А) является высоко сейсмоопасной. Здесь выделяется несколько зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) с разным уровнем сейсмического потенциала ($M_{\text{макс}}$) [1–3]. Часть из них — Владикавказская (восточная ветвь, $M_{\text{макс}} = 7,1$) и Кармадонская ($M_{\text{макс}} = 6,5$) — представляют наибольшую опасность для урбанизированных территорий Республики (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Зоны ВОЗ и их характеристики для территории РСО-Алания

№ на карте	Зона ВОЗ	Магнитуда	Н, км	Кинемат.
1	Моздокская восточн.	5,0	10	взброс
1	Моздокская западн.	4,0	5	сдвиг
2	Терская	4,5	5	взброс
3	Сунженская северная	6,1	15	взброс
4	Сунженская южная (западная ветвь)	6,5	15	сдвиг
4	Сунженская южная (восточная ветвь)	6,1	15	взброс
5	Владикавказская (западная ветвь)	6,5	15	взброс
5	Владикавказская (восточная ветвь)	7,1	20	взброс
6	Нальчикская	5,5	10	сдвиг
7	Мизурская	6,2	15	сдвиг
8	Главного хребта	6,2	15	взброс
9	Бокового хребта	6,3	15	взброс
10	Кармадонская	6,5	15	взброс

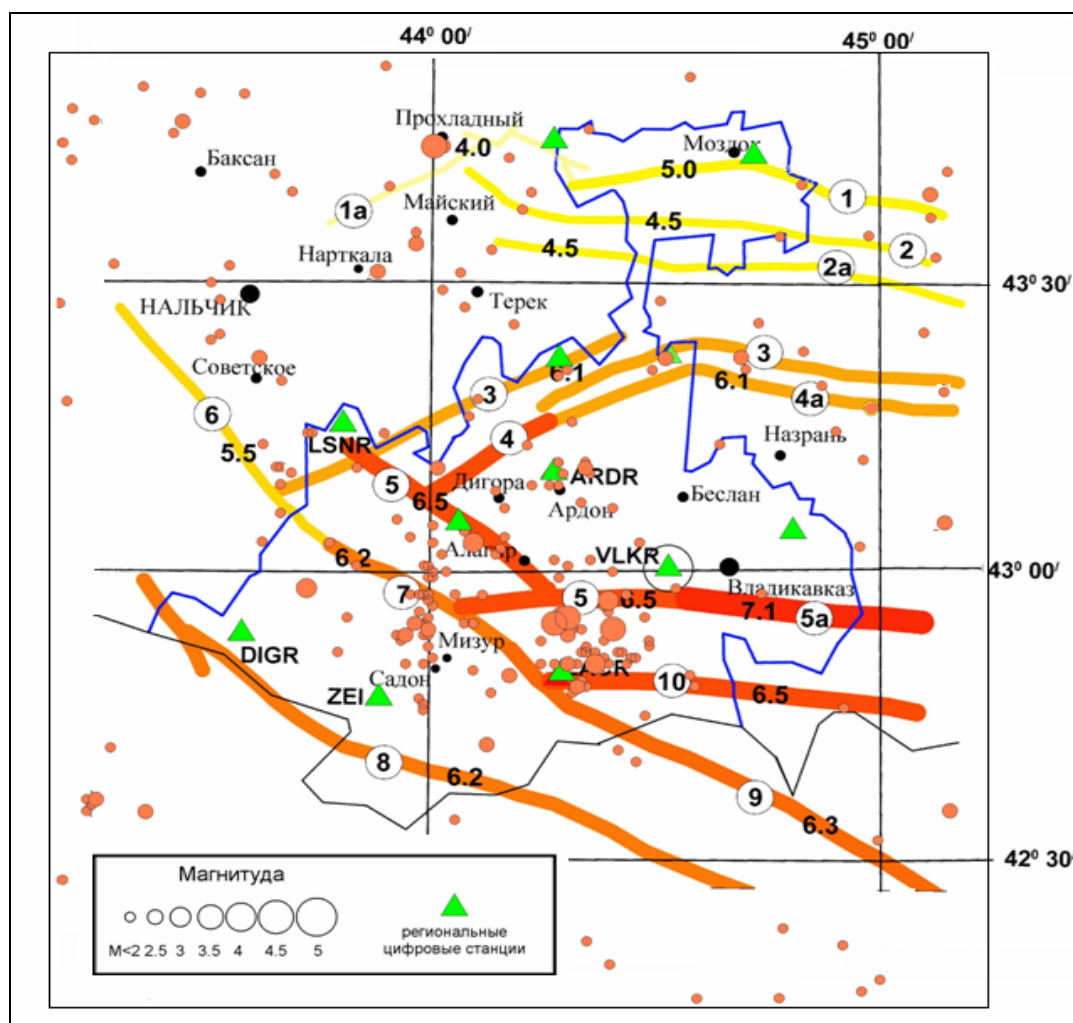


Рис. 1. Наложение эпицентров землетрясений 2004 г. на схему ВОЗ.
Название и параметры зон см. в табл. 1.

Начатый в 2004 г. мониторинг распределения эпицентров землетрясений, которые регистрируются на территории РСО-А сетью станций Северо-Осетинского филиала ГС РАН, показал, что именно эти зоны ВОЗ в период 2002–2008 гг. демонстрируют весьма низкую сейсмическую активность на уровне фоновой сейсмичности [4, 5]. Т. е., возможно, они представляют собой зоны затишья («сейсмические бреши» по С. А. Федотову [6]), в которых повышена вероятность возникновения сильного землетрясения в ближайшие годы. В процессе проведенных в 2006–2008 гг. в пределах зон ВОЗ высокогорной и предгорной частях РСО-А полевых палеосейсмогеологических работ были обнаружены очевидные следы древних сейсмических катастроф — палеосейсмодислокации. Представлены они, прежде всего, грандиозными обвалами,

оползнями и древними сейсмическими разрывами, структурно приуроченными к зонам разломов, демонстрирующих признаки молодой геологической активности. Сейсмические сотрясения в прошлом были локализованы в достаточно узких зонах на активизированных участках известных разломов, образующих Владикавказскую и Кармадонскую зоны ВОЗ. Датирование сейсмогенных нарушений рельефа радиоуглеродным методом позволило восстановить возраст древних сейсмических катастроф. Так, в горной части РСО-А для периода 9 тысяч лет выявлены следы 7 сильных сейсмических событий с периодом повторяемости от 500 до 3 тысяч лет [5]. Т. е. периоды сейсмических активизаций в этой части Северного Кавказа имеют четкую временную периодичность. Результаты изучения деформаций позволяют предполагать, что в недалеком геологическом прошлом все ветви Владикавказской разломной зоны испытывали импульсные обновления, причиной чего, видимо, служили сильные землетрясения.

По своей морфо-кинематике активные разрывы представляют собой крутые взбросы, амплитуда смещений по которым обычно не превышает 0,5 м. Как правило, взброшенным является северное крыло разрыва. Помимо сейсморазрывов происходило также образование и крупных, блоковых оползней. В целом в результате проведенных исследований удалось показать, что высокий прогнозный сейсмический потенциал зон Владикавказского и Кармадонского разломов действительно реален, и это надо учитывать при оценке сейсмической опасности крупных городов, сел и ответственных сооружений на территории РСО-А.

Литература

1. Овсяченко А. Н., Мараханов А. В., Новиков С. С., Рогожин Е. А. Сейсмотектонические исследования зоны Владикавказского активного разлома на территории Республики Северная Осетия – Алания // Вестник ВНИЦ РАН и РСО-А.—2008.—Т. 8, № 3.—С. 37–49.
2. Рейснер Г. И., Иогансон Л. И. Комплексная типизация земной коры как основа для решения фундаментальных и прикладных задач. Статья 1 и 2 // Бюлл. МОИП. Отд. геол.—1997.—Т. 72, вып. 3.—С. 5–13.
3. Рогожин Е. А., Мараханов А. В., Овсяченко А. Н. О соотношении землетрясений, вулканизма и катастрофических пульсаций ледников Северной Осетии в голоцене // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования.—Владикавказ: Терек СКГМИ, 2004.—С. 229–235.
4. Рогожин Е. А., Габсатарова И. П., Погода Э. В. Зоны ВОЗ и сейсмичность территории Республики Северная Осетия – Алания // Сейсмичность Северной Евразии.—Обнинск, 2008.—С. 243–249.

5. *Рогожин Е. А., Овсяченко А. Н., Мараханов А. В.* Прогноз и картирование сейсмической опасности на Северном Кавказе. Результаты новых исследований // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа.—Владикавказ, 2007.—С. 6–7.
6. *Федотов С. А.* О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе // Сейсмическое районирование СССР.—М.: Наука, 1968.—С. 121–150.

НЕОДНОРОДНАЯ ЗАДАЧА ВЛАГОУПРУГОСТИ

Тедеев Т. Р., к. т. н.

(ЮМИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Известно [1, 2], что процесс формирования напряженно-деформированного состояния в массивах структурно-неустойчивых грунтов под влиянием инфильтрационного движения влаги представляет собой сложный физико-механический процесс, зависящий от большого количества факторов. Многочисленными экспериментами установлено [3, 4], что основными параметрами, определяющими деформацию среды ε , при статических и квазистатических воздействиях, являются действующее напряжение σ и влажность W . Обобщенное физическое уравнение состояния для деформаций в одномерном случае может быть записано в виде

$$\varepsilon(\sigma, W) = \sigma/E(W) + \varepsilon_o(\sigma_o, W), \quad (1)$$

где $E(W)$ —модуль общей деформации грунта, $\varepsilon_i(\sigma_i, W)$ — влажностная деформация неоднородной грунтовой среды, зависящая как от влажности, так и от начального напряжения σ_i , действовавшего в точке среды до изменения влажности.

Уравнение (1) является общим физическим уравнением влагоупругости неоднородных сред, справедливым для всех видов влагоупругих деформаций. Оно имеет две специфические особенности. Первой из них является учет явной зависимости $E(W)$, которая отмечается многими экспериментаторами [2–4]. Вторая особенность заключается во введении функции $\varepsilon_i(\sigma_i, W)$, которая определяет как тип влажностной деформации, так и законы, управляющие процессом деформирования.

Влажностную функцию можно представить в разделенной форме

$$\varepsilon(\sigma, W) = \beta(\sigma_i)\Psi(W), \quad (2)$$

где $\beta(\sigma_i)$ — коэффициент набухания или просадки, $\Psi(W)$ — функция влажности.

Представление (2) подтверждается результатами аппроксимации ряда экспериментальных данных по изучению относительных набухания и просадочности грунтов, приведенных в работах [2–4]. При этом следует отметить, что температурно-влажностная аналогия [1, 2], является предельным частным случаем соотношений (1) и (2) при $E = E_o$, $\beta(\sigma_i) = \beta_o$, $\Psi(W) = W - W_o$ и справедлива в предположении малости изменений функций σ и W , однородности и изотропности грунтовой среды. В отличие от этого, уравнение (1) позволяет учесть широкий круг экспериментальных факторов — неоднородность, мощность активной зоны набухания или просадки, изменчивость коэффициентов деформирования и другие. При этом сохраняются все преимущества теории линейно деформируемых сред.

Для случая плоской деформации физические уравнения влагоупругости имеют следующий вид

$$\bar{\sigma} = E(W)[D](\bar{\varepsilon} - \bar{\varepsilon}_o), \quad (3)$$

где $\bar{\sigma} = \{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}\}^T$ — вектор напряжений, $[D]$ — матрица приведенных коэффициентов Лямэ, $\bar{\varepsilon} = \{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}\}^T$ — вектор деформаций, $\bar{\varepsilon}_o$ — вектор влажностных деформаций, определяемый из следующей зависимости:

$$\bar{\varepsilon}_o = (1 + \nu)\psi(W) \begin{Bmatrix} \beta_x(\sigma_{ox}) \\ \beta_y(\sigma_{oy}) \\ 0 \end{Bmatrix} = (1 + \nu)\psi(W)\bar{\beta}(\bar{\sigma}_o). \quad (4)$$

ν — коэффициент Пуассона, $\bar{\beta}(\bar{\sigma}_o)$ — вектор коэффициентов набухания или просадки, T — знак транспонирования.

Экстремальная постановка задачи отыскания поля перемещений $\bar{u}$ в плоскодеформированном основании следующая: для данного распределения поля влажности $W(x, y, t)$ в момент времени t найти соответствующий этому моменту вектор перемещений $\bar{u}(x, y)$ определенный и непрерывный в замкнутой области F вместе со своими производными, удовлетворяющий на границе S области кинематическим граничным условиям и сообщающий минимальное значение полной потенциальной энергии деформации

$$J(\bar{u}) = \iint \left\{ E(W) ([A]\bar{u})^T [D] (0,5[A]\bar{u} - \bar{\varepsilon}_o) - \bar{u}^T \bar{\rho} \right\} dF - \sum_I P_i \delta_i. \quad (5)$$

Здесь $\bar{\rho}$ — вектор массовых сил; P_i — сосредоточенные силы; δ_i — перемещение точек приложения этих сил; I — число сил; $[A]$ — матрица дифференциальных операций уравнений равновесия теории упругости [6]

Пусть заданная область F представлена совокупностью M конечных элементов. Примем, что в пределах одного элемента e справедливы соотношения:

$$\bar{u}(x, y) = [N] \bar{\delta}_e, \quad (6)$$

где $[N]$ — матрица функций формы элемента, $\bar{\delta}_e$ — вектор перемещений узлов элемента. Подставляя (6) в выражение (5) и минимизируя для одного элемента, получаем:

$$[K]_e \bar{\delta}_e + \bar{R}_{\rho e} + \bar{R}_{\varepsilon_0 e} - \bar{P}_e = 0, \quad (7)$$

$$\text{где } [K]_e = \iint_{Fe} E(W) ([A][N])^T [D] ([A][N]) dx dy, \quad (8)$$

$$\bar{R}_{\varepsilon_0 e} = -(1 + \nu) \iint_{Fe} E(W) ([A][N])^T [D] \bar{\beta}(\bar{\sigma}_0) \psi(W) dx dy, \quad (9)$$

$$\bar{R}_{\rho e} = \iint_{Fe} [N]^T \bar{\rho} dx dy. \quad (10)$$

Для всей области после суммирования вкладов отдельных элементов, имеем:

$$[K] \bar{\delta} + \bar{R}_{\rho} + \bar{R}_{\varepsilon_0} - \bar{P} = 0. \quad (11)$$

После удовлетворения граничным условиям из этой системы линейных алгебраических уравнений определяется итоговый вектор узловых перемещений $\bar{\delta}$, с помощью которого находятся характеристики напряженно-деформированного состояния области по обычным формулам метода конечных элементов.

Литература

1. Цытович Н. А., Тер-Мартirosян З. Г. Основы прикладной геомеханики в строительстве.—М.: Высшая школа, 1981.—318 с.
2. Тер-Мартirosян З. Г. Прогноз механических процессов в массивах многофазных грунтов.—М.: Недра, 1986.—292 с.
3. Сорочан Е. А. Строительство сооружений на набухающих грунтах.—М.: Стройиздат, 1989.—312 с.
4. Мустафаев А. А. Фундаменты на посадочных и набухающих грунтах.—М.: Высшая школа, 1989.—590 с.

5. *Тедеев Т. Р., Арунянц Г. Г.* Методология и алгоритмы расчета полей влажности в задачах проектирования грунтовых сооружений.—Владикавказ: Терек, 2005.—203 с.
6. *Александров А. В., Потапов В. Д.* Основы теории упругости и пластичности.—М.: Высшая школа, 1990.—400 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ УПРУГОСТИ С ПАМЯТЬЮ

Туаева Ж. Д., к. ф.-м. н.

(ЮМИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),

Бердникова Н. Е.

(СОГУ, Владикавказ, Россия)

В настоящее время наблюдается значительный прогресс в развитии наук о Земле. В частности это относится и к геофизике. Здесь возник ряд новых научных направлений с собственной методологией; новое развитие получили также многие уже известные методы. Развитие современной техники сделало возможным решение многих трудоемких задач благодаря использованию компьютерного моделирования.

Современные геофизические проблемы также не исключение ввиду широкого применения методов компьютерного моделирования, которое неразрывно связано с математическим моделированием.

Северный Кавказ является зоной высокого сейсмического риска, поэтому решение задач, связанных с прогнозной оценкой последствий разрушительных землетрясений, весьма актуально для данного региона.

В работе поставлена начально-краевая задача упругости с памятью в случае вертикально неоднородной среды и представлен алгоритм ее решения с численной реализацией в программной среде MatLab.

В настоящее время MatLab является мощным и универсальным средством решения задач, возникающих в различных областях человеческой деятельности. Спектр проблем, исследование которых может быть осуществлено при помощи MATLAB и его расширений, охватывает: матричный анализ, обработку сигналов и изображений, задачи математической физики, оптимизационные задачи, финансовые задачи, обработку и визуализацию данных, работу с картографическими изображениями, нейронные сети, нечеткую логику и многое другое. Простой встроенный язык программирования позволяет легко создавать собственные алгоритмы. Это позволяет достаточно быстро разрабатывать эф-

фективные программы, направленные на решение практически важных задач.

В данной работе рассматривается начально-краевая задача, постановка которой использует обобщенную задачу Коши и краевые условия, содержащих дельта-функцию Дирака (внешнее воздействие) [1].

В области $\Omega = \{x = (x_1, x_2, x_3) \in R^3, x_3 > 0, t \geq 0\}$ требуется найти решение следующей задачи:

$$\rho_0(x_3) \frac{\partial^2 u_i^0}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu(x) \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \int_0^t K(x_3, t - \tau) \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu(x) \frac{\partial u}{\partial x} \right) d\tau;$$

$$u|_{t < 0} = 0,$$

$$\mu(x) \frac{\partial u}{\partial x} + \int_0^t K(x, t - \tau) \left(\mu(x) \frac{\partial u}{\partial x} \right) d\tau \Big|_{x=+0} = -\frac{\delta(t)}{2},$$

$$K(x, t) \in C^2(R \times [0, T]);$$

$$K(x, 0) = 0; \quad K_t(x, 0) = 0; \quad T > 0,$$

$$\tau(x) = \int_0^x \frac{d\xi}{v(\xi)}; \quad v^2(x) = \frac{\mu(x)}{\rho(x)},$$

где $\mu(x)$ — модуль сдвига, $\rho(x)$ — функция плотности, $K(x, t)$ — функция памяти.

Явление памяти означает зависимость состояния среды в определенный момент времени от ее состояния в предыдущие моменты времени. Вводится в рассмотрение функция памяти геофизической среды, которая считается заданной по определенному закону.

После соответствующих математических операций рассматриваемая задача приводится к виду

$$V(y, t) = \theta(t - |y|) \left[\int_{\frac{y-t}{2}}^{\frac{y+t}{2}} \int_{|\xi|}^{t-|\xi-y|} \left(\frac{a_0}{2} + V(y, t) \right) \cdot (q(\xi) - R_t(\tau^{-1}(\xi), t - |y - \xi| - \tau)) d\tau d\xi \right],$$

где

$$R(x, t) = \int_0^t K(x, t - \tau) R(x, \tau) d\tau + K(x, t),$$

$$q(y) = \frac{S''(y)}{S(y)} - 2 \left(\frac{S'(y)}{S(y)} \right)^2, \quad S(y) = \sqrt{\frac{v(+0)\rho_0(+0)}{v(z^{-1}(y))\rho_0(z^{-1}(y))}},$$

$$a_0 = \frac{1}{\sqrt{\mu_0(+0)\rho_0(+0)}}, \quad z(x) = \int_0^x \frac{d\xi}{v(\xi)}.$$

Цель работы — аналитико-численный анализ движения грунтовой толщи с учетом явлений памяти при заданном внешнем воздействии.

Окончательное решение этой задачи аналитическими методами невозможно, поэтому в работе оно осуществляется с использованием численных методов для интегральных уравнений (метод последовательных приближений).

Для практической реализации составленной модели использован программный пакет MATLAB R|2007 а.

Результаты данного исследования планируется использовать в целях научного прогнозирования последствий природных и техногенных катастроф.

Литература

1. *Владимиров В. С.* Уравнения математической физики.—М.: Наука, 1974.
2. *Туаева Ж. Д.* Многомерная математическая модель сейсмики с памятью // Исследования по дифференциальным уравнениям и математическому моделированию.—Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2008.—С. 297–306.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА ГОРНЫХ ПОРОД, ВМЕЩАЮЩИХ МАГМАТИЧЕСКИЙ ОЧАГ ВУЛКАНА ЭЛЬБРУС, ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Уткин И. С., Федотов С. А., академик РАН
(ИФЗ РАН, Москва, Россия),
Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.
(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия),
Уткина Л. И.
(ИФЗ РАН, Москва, Россия)

Начало вулканической деятельности вулкана Эльбрус следует отнести к концу позднего плиоцена. В период нижнего плейстоцена было длительное затишье вулканической активности в несколько сотен — до 550 тысяч лет. Имевшийся до затишья периферический магматический очаг за это время (если он существовал) должен был застыть. Вулканическая активность возобновилась в интервале от среднего плейстоцена

до начала второй половины верхов позднего плейстоцена. В период от 225 тыс. лет до 180 тыс. лет деятельность вулкана была наиболее интенсивной. За этот период было извержено не менее 70–90 км³ вулканического материала, и сформирована западная вершина Эльбруса. Далее следует перерыв 50 тысяч лет.

В период 130–60 тысяч лет вулкан снова активен. Извергнуто 40–60 км³ материала. Далее следует 48 тысяч лет перерыва в активности. За последние 10–12 тыс. лет в голоцене интенсивность деятельности вулкана Эльбрус значительно возрастает, паузы между периодами активности сокращаются, средний расход изверженных материалов также возрастает. Последний, голоценовый период вулканической активности превосходит по интенсивности предыдущий, длившийся 70 тыс. лет (с 130 по 60 тыс. лет тому назад). За период с 8150 ± 40 по 990 ± 60 лет тому назад по данным ¹⁴C радиоуглеродного датирования вулканическая активность возобновлялась 8 раз с интервалом 400–1700 лет. Последнее извержение вулкана происходило в I–II веках нашей эры.

Таким образом, время очередного извержения весьма вероятно может наступить при ныне живущем поколении людей.

Общий объем изверженных продуктов, отложившегося на площади основания вулкана за период 225 тысяч лет по литературным данным оценивается в 150 км³. Расчетным путем нами восстановлена форма рельефа основания вулканической постройки, существовавшего предположительно до периода ее активного формирования 225 тысяч лет назад. Это дало возможность оценить современный объем вулканической постройки вулкана Эльбрус, составивший 202 км³. Объем пепловых отложений за пределами площади основания этого периода не установлен. Принимая во внимание тип вулканизма, к которому следует отнести вулкан Эльбрус и, учитывая, что эруптивные извержения этого периода были средней интенсивности, можно предположить, что объем изверженных вулканом материалов не превышал 1.25–1.3 объема вулканической постройки, возвышающейся над его основанием. Отсюда, этот объем не может быть больше 250–260 км³.

Форма верхнего очага близка к эллипсоиду с вертикальной осью вращения, но с различным соотношением длин осей. Глубина залегания нижнего магматического очага по разным данным варьирует от 30 до 45 км. Была принята форма очагов эллиптической с промежуточным соотношением осей 1:1.5. Примем также среднеарифметические показатели размеров и глубины расположения обоих магматических очагов.

Состав изверженной вулканом магмы, в основном, — дацит или дацит-риолит. Оба эти материала не глубинные, а коровые. Таким образом, есть все основания полагать, что современные не остывшие магматиче-

ские очаги вулкана Эльбрус образованы в основном за счет длительного плавления своих стенок.

За время своей деятельности магматические очаги существенно меняют свои размеры: растут с момента зарождения за счет плавления стенок, уменьшают свои размеры при длительных паузах в тысячи, первые десятки тысяч лет между извержениями за счет остывания магмы на стенках очагов. В разные периоды своей эволюции магматические очаги с разной интенсивностью накапливают тепло в окружающих их породах. Общее количество накопленного магматическим очагом на сегодняшний день тепла зависит от всей истории эволюции его размеров с момента его зарождения. Эволюция размеров магматических очагов прямо связана с интенсивностью расхода магмы, протекающей при извержениях через очаг. Максимальный размер очага, при отсутствии продолжительных пауз между извержениями, и общее количество накопленного тепла в сильной степени зависят от суммарного количества изверженного материала за весь период существования вулкана.

Был произведен расчет динамики изменения размеров периферического очага вулкана Эльбрус. В основе расчетов положено решение двухфазной задачи Стефана с возвратным движением фронта плавления по методу Р. И. Медведского для сферы или эллипсоида вращения, наполненных неподвижной, очень вязкой жидкостью и расположенных в твердой среде.

Основным результатом, полученным в данной работе, является оценка количества тепла, накопленного магматическим очагом вулкана Эльбрус во вмещающих их породах с момента начала его формирования предположительно 225 тысяч лет тому назад до настоящего времени.

Количество тепла, сосредоточенное в зачетном объеме тороида в горячих сухих породах, доступного для энергетического использования в температурных кондициях $200\text{--}350^\circ\text{C}$ — $Q = 0.9 \cdot 10^{20}$ Дж.

Эти данные служат нижней гранью оценки накопленного тепла вмещающих магматический очаг пород при снижении средней температуры 275°C на 200°C . При длительности эксплуатации подземной циркуляционной системы в течение 100 лет блок нагретых пород в объеме порядка 50 км^3 может обеспечить приблизительно получение $360\text{--}400$ Гкал/час тепла или около $200\text{--}210$ МВт электроэнергии. С одного километра длины тороида можно выработать $20\text{--}25$ МВт электроэнергии. Полный же объем тороида позволяет получить $600\text{--}700$ МВт электроэнергии.

Выводы

Накопленное магматическим очагом вулкана Эльбрус во вмещающих его породах тепло достаточно для создания ГеоТЭС с подземной геотермальной циркуляционной системой (с трещинным теплообменником), создаваемой с помощью бурения скважин на глубину 4–5 км от поверхности Земли.

Расположение ГеоТЭС может быть выбрано из соображений наибольшей безопасности на расстоянии 7–8 км от кратеров вулкана Эльбрус. Строительство ГеоТЭС могло бы полностью ликвидировать дефицит электроэнергии в г. Нальчик, пос. Тырныауз, Баксан, Прохладный обеспечить дешевым теплом и электричеством близко расположенные погранзаставы Государственной границы РФ в районе Эльбруса и лежащих у подножья Эльбруса курортных поселков Азау, Эльбрус и др.

Таким образом, использование тепла вулкана Эльбрус будет способствовать развитию туризма и укреплению экономики края.

ОЦЕНКА ОБЪЕМА ИЗВЕРЖЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБРАЗУЮЩИХ ПОСТРОЙКУ ВУЛКАНОВ НА ПРОТЯЖЕННЫХ ГОРНЫХ ХРЕБТАХ

Уткина Л. И., Федотов С. А., академик РАН,

Уткин И. С., Собисевич А. Л., д. ф.-м. н.

(ИФЗ РАН, Москва, Россия)

Заалишвили В. Б., д. ф.-м. н.

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

Оценка количества изверженных материалов (ОКИМ), образующих вулканическую постройку, и времени, в течение которого эти материалы были извержены, позволяют оценить состояние магматической питающей системы вулкана в заданный период времени. В частности, ОКИМ позволяет определить примерные размеры его магматического очага заполненного магмой, а затем и тепловые ресурсы вмещающих его пород. ОКИМ обычно проводится путем суммирования объемов материалов, изверженных в один и тот же период вулканической активности, характеризующийся на своем временном отрезке похожим характером проявления вулканической деятельности, и, как правило, схожим составом изверженных материалов. Для данного периода вулканической активности на вулканической постройке строится контур распределения извержен-

ных материалов внутри пласта данного периода активности и оценивается его мощность. Большая площадь изверженных материалов данного слоя накрывается следующими более поздними слоями и т. д. до полного формирования вулканической постройки. Суммирование объемов многих пластов при неточной оценке мощностей каждого из них приводит к значительной погрешности оценки общего объема всех извергнутых материалов за период существования вулкана. С другой стороны, этот объем легко определяется, если известен изначальный рельеф поверхности, на котором в дальнейшем возникла вулканическая постройка после зарождения вулкана. Реконструкция такого рельефа, когда вулкан (например, Эльбрус) находится на протяженном горном хребте, представляет некоторые очевидные трудности. Эти трудности могут быть преодолены, если проанализировать закономерности формирования N параллельных профилей вертикальных разрезов рельефа горного хребта, проходящих с некоторым рационально выбранным шагом вдоль его простирания. Площадь полосы параллельных разрезов должна покрывать всю площадку основания вулканической постройки, а ее длина должна соответствовать длине простирания горного хребта, на котором расположена вулканическая постройка. На каждом из параллельных вертикальных разрезов площадка основания вулканической постройки вырезает отрезок пропуска кривой профиля рельефа, подлежащего восстановлению. N кривых профилей вертикальных разрезов можно рассматривать как совокупность реализации N -мерного случайного процесса. Рациональный шаг расстояния между разрезами должен сохранять достаточно высокую степень корреляции между кривыми профилей разрезов. При слишком малом расстоянии между плоскостями, анализируемых разрезов, их избыточное число уже не повышает точности оценки объема вулканической постройки. Восстановление формы профилей пропусков проводится для каждого сечения с применением варианта технологии «SSA для анализа временных рядов», разработанной в Санкт-Петербургском государственном университете Н. Э. Голяндиной, В. В. Некруткиным и др.

Метод анализа временных рядов SSA включает этапы:

1. Разложения реализаций случайного процесса на аддитивные составляющие: трендовые, гармонические и шумовые;
2. Анализ сингулярного спектра, автоматическую идентификацию параметров составляющих случайного процесса в отсутствии полной информации о параметрах модели процесса;
3. Восстановление каждого пропущенного отрезка конкретной реализации этого процесса.

Наибольший эффект от применения технологии SSA в задаче реконструкции площадки рельефа, находящегося в основании вулканической постройки на протяженном горном хребте получается тогда, когда в наиболее длинных центральных отрезках профилей разрезов содержатся гармонические составляющие значительной амплитуды с полупериодом близким к длине пропущенных отрезков. Если при этом полуволна гармонической составляющей выгнута вниз, а ее минимум приходится на середину пропущенного отрезка, то в основании вулканической постройки изначально была впадина, и общий объем изверженных материалов должен быть увеличен с учетом ее глубины. Конкретно для случая вулкана Эльбрус это дает дополнительно 40 км^3 изверженных материалов в объеме вулканической постройки, что составляет 20–25% от этого объема.

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ГРУНТОВ, ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ДАННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ЗАПИСЕЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Харегов А. К.

(ЦГИ ВНЦ РАН и PCO-A, Владикавказ, Россия)

Весьма важным представляется исследование взаимозависимости между различными параметрами грунтов, показателями сейсмического воздействия и данными инструментальных записей землетрясений. Данное исследование может выявить ценность каждого из выбранных параметров при изучении сейсмического воздействия на застройку. Для этого необходимо: выбрать параметры грунтовых движений; найти инструментальные записи сейсмических событий, содержащие выбранные параметры; создать соответствующую базу данных; выбрать записи, подходящие для исследования; сделать статистическую выборку; провести статистический анализ выборки и обработать результаты анализа.

В последние годы появилась возможность проведения полноценного статистического исследования зависимости между различными параметрами землетрясений на основе баз данных сильных грунтовых движений. В мире накоплено большое число инструментальных цифровых записей колебаний различных грунтов при землетрясениях различной силы. Нами были исследованы множество различных источников записей сейсмических событий различных стран, различных форматов, различной информационной нагруженности, и после проведенных исследо-

ваний [2, 4] было решено использовать в качестве основы записи KNET [5].

Данные были получены официально через Интернет с сайта KNET и их разрешено использовать в некоммерческих целях. В базу данных включено 15644 трехкомпонентных записей или 635 событий, зарегистрированных на 989 станциях от 11.05.1996 14:46:00 до 16.07.2007 10:13:00.

Как известно [1, 3], факторный анализ служит цели уменьшения количества параметров, описывающих заданную систему. Вместо того, чтобы описывать землетрясение, произошедшее в районе сейсмической станции всеми заданными параметрами, можно обойтись меньшим количеством параметров.

Попытаемся описать нашу систему одним фактором, состоящим из комбинации отдельных параметров — факторных нагрузок. Используем метод главных компонент. Следующими факторными нагрузками объясняется 23% дисперсии. Наш набор данных хорошо описывается следующим набором данных, которые коррелируют друг с другом: MAG (магнитуда), INTMSK (интенсивность), PHA (пиковое горизонтальное ускорение), RMS (rms-ускорение), IANG (показатель Анга), CAV (кумулятивная абсолютная скорость), LAMB (лямбда — среднеквадратичное ускорение), AMF (максимальная амплитуда Фурье-спектра), SP (площадь спектра Фурье). Кроме того, эти параметры имеют высокие парные коэффициенты корреляции, что дает нам утверждать следующее. Для описания события не обязательно задавать все вышеперечисленные параметры, так как они сильно зависят друг от друга. Достаточно указать один параметр. При этом не указанные параметры могут быть вычислены по известным соотношениям.

Выделяем два фактора. Первый фактор соответствует вышеприведенному и объясняет 23% дисперсии. Второй фактор объясняет 14 % дисперсии и в 1,5 раза менее значим, в него входят: FMF (частота максимума частота спектра Фурье), FMEF (средневзвешенная по спектру Фурье частота), SN (площадь нормированного спектра Фурье), ReMean (коэффициент пенетрации), VSMean (средняя скорость S-волн), DenMean (средняя плотность), R (содержание скального грунта) и Dur (продолжительность воздействия), с противоположным знаком. Использован метод главных компонент, без вращения. Таким образом, выделяются два набора характеристик: более значимы амплитудные параметры на рыхлых грунтах, и менее значимы частотные параметры на плотных, скальных грунтах.

Выделяем три фактора. Первый фактор остается неизменным, второй распадается на два. Во втором — частотные параметры, а также магнитуда и эпицентральное расстояние с противоположным знаком. Отрицательный знак означает, что с возрастанием магнитуды или эпицентрального расстояния частотные параметры убывают. В третьем — параметры грунтов, которые не связаны с параметрами землетрясений, почему этот фактор не значим. Разбиение на 3 фактора без смысла. Вполне достаточно выделять два фактора.

Выводы

1. Разработана база данных трехкомпонентных записей, зарегистрированных системой KNET.

2. Факторный анализ позволяет нам выделить не более двух значимых факторов, и дает нам право утверждать, что проявление сейсмического события в заданном районе может быть задано любой из следующих величин: интенсивность, ускорение, rms-ускорение, показатель Анга, кумулятивная абсолютная скорость, лямбда-среднеквадратичное ускорение, максимальная амплитуда Фурье-спектра, площадь спектра Фурье.

3. Удобнее описывать сейсмическое событие в заданной местности двумя параметрами: один параметр выбирается из предыдущего пункта, а другой — частотный — может быть следующим: частота максимума спектра Фурье, средневзвешенная по спектру Фурье частота, площадь нормированного спектра Фурье.

Литература

1. Белонин М. Д., Голубева В. А., Скублов Г. Т. Факторный анализ в геологии.— М.: Недра, 1982.—269 с.
2. 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: ЮНЦ РАН, 2007.—С. 455–461.
3. Йереско К. Г., Клован Д. И., Реймент Р. А. Геологический факторный анализ.—Л.: Недра, 1980.—223 с.
4. Харебов А. К., Харебов К. С. Методика стохастического исследования латентных связей между параметрами грунтов, показателями сейсмического воздействия и данными инструментальных записей землетрясений // Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе.—Владикавказ: ВНЦ РАН и PCO-A, 2007.—С. 299–312.
5. Kinoshita S. Kyoshin Net (K-NET) // Japan. Int. Handbook of Earthquake and Engineering seismology.—2003.—Vol. 81B.—P. 1049–1056.

СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Шемпелев А. Г., к. г.-м. н.

(ФГУТП «Кавказгеолсъёмка», Ессентуки, Россия),

Забирченко Д. Н.

(ФГУТП «Кавказгеолсъёмка», Ессентуки, Россия),

(ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, Россия)

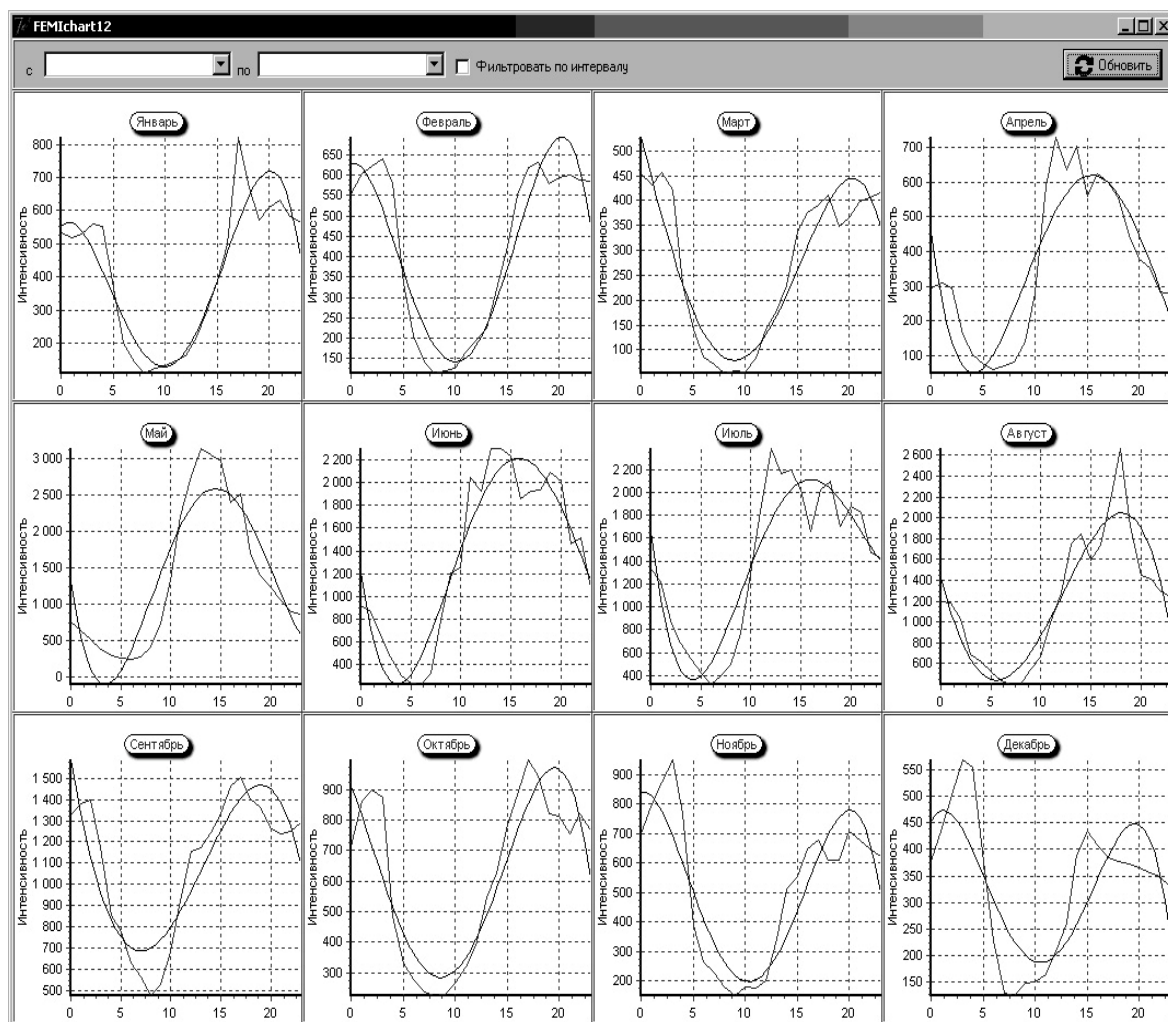
При изучении электромагнитного излучения Земли (ЭМИ) многими исследователями в различных регионах отмечаются его аномальные изменения перед землетрясением или в процессе события. На Кавминводском геофизическом полигоне, где уже более двадцати лет ведется мониторинг ЭМИ, накопилось значительное количество данных об аномальных изменениях поля перед местными землетрясениями. Эти аномалии предположительно позволили определить временные и пространственные особенности их проявления в качестве предвестников землетрясений. Так аномальные вариации ЭМИ возникают в интервале от нескольких часов до нескольких суток перед моментом сейсмического события и проявляются в виде серии отдельных всплесков, чередующихся с замираниями. Продолжительность аномалий варьирует от 7 до 50 часов, временной интервал от закрытия аномалии до момента землетрясения на Кавминводском полигоне определяется в 37 ± 16 часов. Проявление предвестников на нескольких станциях перед одним и тем же землетрясением является редким событием (максимальные расстояния между станциями составляют 30 км). Радиус регистрации электромагнитных излучений, выступающих в качестве предвестника сейсмического события, прежде всего, зависит от геологического строения территории, растет, примерно, в квадратичной зависимости с ростом магнитуды землетрясений и в целом не превышает 150–200 км. Не установлено статистической зависимости радиуса зоны подготовки землетрясений с ЭМИ-предвестниками от глубины гипоцентра, при этом связь с мелкофокусными землетрясениями (до 5-ти км), даже значительной интенсивности, устанавливается гораздо труднее, чем относительно глубокофокусных (5–20 км).

В то же время в процессе многолетних наблюдений за вариациями электромагнитного излучения Земли на Северном Кавказе мы столкнулись с рядом сложностей в технологии выделения предвестниковых аномалий ЭМИ. Значительной помехой, особенно в летние месяцы, являются грозы. Правда, как правило, вызванные ими аномалии электро-

магнитного поля несколько отличаются по форме. Они резко интенсивны и краткосрочны, что и является основным критерием их отбраковки.

Другим серьезным осложнением при обработке данных мониторинга ЭМИ является постоянное наличие суточных и сезонных циклов в изменениях фоновых значений электромагнитного поля у поверхности Земли. Признается наиболее вероятной связь этой цикличности с вращением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца.

Интенсивность среднемесячных значений электромагнитных излучений Земли летом превышает зимние в несколько раз. Однако сезонные (годовые) вариации носят относительно плавный характер и при выделении предвестниковых аномалий могут приниматься за фоновые. Характер поведения таких графиков в одни и те же отрезки времени в разные годы примерно одинаков.



а) 

б) 

Рис. 1. Графики почасовых (а) и осредненных (б) значений суточных вариаций интенсивности ЭМИ на пункте Шиджатмаз Кавминводского геофизического полигона.

Суточные же вариации электромагнитного излучения Земли нередко могут быть соизмеримы по продолжительности и интенсивности с предвестниковыми аномалиями, характеристика которых по Кавминводскому полигону дана выше. В качестве иллюстрации мы приводим помесячно графики суточных вариаций ЭМИ на станции Шиджатмаз КМВ-полигона, непосредственно зафиксированные в процессе непрерывного наблюдения в 2005 г. В течение суток фоновые значения интенсивности электромагнитного поля могут изменяться также в несколько раз, причем минимальные величины наблюдаются весной-летом около 5-ти часов утра, зимой — около 9-ти, максимальные значения соответственно около 15-ти и 20-ти часов. Принимая во внимание то, что предвестниковая аномалия, как было установлено в процессе работ, может продолжаться всего несколько часов и по амплитуде не превышать суточных вариаций, исключение последних при обработке баз данных измерений требует специальных технологий.

Технологии обработки временных рядов интенсивности ЭМИ с привлечением мощного математического аппарата начали реализовываться в процессе разработки автоматизированной информационной системы АИС «Комплексный анализ данных мониторинга». Нижеприведенные графики построены с помощью указанной АИС, которая подробно описана в статье «Разработка информационной системы комплексного анализа данных мониторинга ГГД-поля и других геофизических полей» (Д. Н. Забирченко, ФГУГП «Кавказгеолсъемка», Д. А. Мельков, ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А).

УКАЗАТЕЛЬ СОКРАЩЕНИЙ

- ANAS — Azerbaijan National Academy of Sciences
ААСФЗ — Армянская ассоциация сейсмологии и физики Земли
ВУЦ СГА — Владикавказский учебный центр Современной гуманитарной академии
ВЦ РАН — Вычислительный центр им. А. А. Дородницына РАН
ГГМ РАН — Государственный геологический музей им. В. И. Вернадского РАН
ГГНИ — Грозненский государственный нефтяной институт им. М. Д. Миллионщикова
ИГ — Институт географии им. Вахушти Багратиони
ИГН НАН — Институт геологических наук НАН Республики Армения
ИТПИ СКГМИ (ГТУ) — Институт теоретической и прикладной информатики Северо-Кавказского горно-металлургического института (Горного технологического университета)
ИФЗ РАН — Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН
ИЭ АН — Институт экономики АН Грузии
МСЦ РАН — Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН
НИК — Научно-исследовательская компания
ПГУ — Полоцкий государственный университет
РГГРУ — Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе
РЦСС НАН — Республиканский центр сейсмологической службы НАН Азербайджана
СГА — Современная гуманитарная академия
СКГМИ (ГТУ) — Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Горный технологический университет)
СОГМА — Северо-Осетинская государственная медицинская академия
СОГУ — Северо-Осетинский государственный университет им. К. Л. Хетагурова
СОИЭБЖ — Северо-Осетинский институт экологии и безопасности жизнедеятельности
ФГУГП — Федеральное государственное унитарное геологическое предприятие
ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А — Центр геофизических исследований Владикавказского научного центра РАН
ЮМИ ВНЦ РАН и РСО-А — Южный математический институт Владикавказского научного центра РАН
ЮРГТУ — Южно-Российский государственный технический университет.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Голик В. И., Вагин В. С. Экономическая эффективность использования информационных технологий при проектировании горных объектов.....	5
Голик В. И., Заалишвили В. Б., Комащенко В. И. Применение информационных технологий в проектировании горных объектов.....	12
Гроппен В. О. Компьютерное моделирование физических объектов... 21	
Заалишвили В. Б. Современные геотехнологии в оценках сейсмической опасности территории.....	30
Музаев И. Д. Математико-информационные технологии сейсмогидродинамики гидротехнических сооружений.....	38
Ряховский В. М., Шульга Н. Ю., Шкотин А. В. Интернет-портал «Геология»: принципы работы и архитектура.....	43
Серебряков В. А., Филиппов В. И. Электронные библиотеки в среде ЕНИП.....	49
Филиппов В. И., Захаров А. А. Документо-подобные объекты в профиле цифровых библиотек онтологии ЕНИП.....	57

Секция 2

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Атаева О. М. Онтологический подход к задаче приведения данных... 67	
Бетрозов Э. М. Функции и эффективная организация работы подсистемы АСУ вуз «Контроль исполнения».....	69
Бичкаева И. Д. Статистический анализ сочетаемости букв осетинского языка.....	72
Будаева А. А. Использование технологий ранжирования объектов в образовательном процессе.....	74
Воробьев П. Е. Аппаратные средства и эффективные стратегии кэширования данных.....	78

Воробьева Г. И. Модели и алгоритмы формирования оптимальных подмножеств грантов.....	80
Гамаонов В. Г. Компьютерная семантика: взгляд изнутри.....	82
Гамаонов В. Г., Гудиев Т. В. О повышении эффективности применения информационных технологий при организации государственных и муниципальных закупок.....	86
Гречаный С. В. Параллельная компрессия динамичных изображений в неоднородной вычислительной сети.....	89
Губанов А. С. Стандарты электронного содержимого обучающих систем.....	92
Даурова А. А., Ходова С. Н. Принятие инвестиционных решений на основе игровых моделей.....	95
Джелиев И. Ш., Эльчепарова М. Г. Результаты работы телемедицинского центра в республиканской детской клинической больнице г. Владикавказа.....	97
Дьяконов И. А. Методы выделения геопространственных метаданных.....	99
Казарян М. Л., Калоев Н. И. Математическое моделирование процесса предварительной обработки сигналов для образовательных информационных технологий.....	101
Казарян М. Л., Калоев Н. И. О Винеровской фильтрации, применяемой в образовательных системах при передаче информации по каналам связи.....	105
Каленкова А. А. Операционная семантика потоков работ.....	108
Кузнецов С. Н. О несмещенности и состоятельности оценки при нестационарной линейной фильтрации.....	111
Мирошников А. С. Эффективные стратегии параллельной организации фильтрации изображений от точечных помех.....	114
Моураов А. Г., Гамаонов М. В. О подходе к аналитической обработке табличных данных в автоматизированных информационных системах.....	115
Моураов А. Г., Салбиев А. Т. Проблемы реализации социально-значимых информационных систем регионального уровня.....	118

Оськин А. Ф. Применение онтологий для построения информационно-образовательных сред.....	121
Оськин А. Ф., Оськин Д. А. Персональные базы знаний как средства информационной поддержки учебного процесса.....	124
Петров А. Ю. Современные технологии организации доступа к данным.....	126
Проскурин А. Е., Культяпкина Т. И. Анализ эффективности стратегий использования ресурсов неоднородных вычислительных сетей.....	129
Салбиев А. Т. Оптимизация проектирования каналов связи при реализации телемедицинских систем.....	132
Салбиев А. Т., Главчанский П. И. Динамическое программи- рование управляющих систем в социальной сфере.....	137
Салбиев А. Т., Ярикова Е. Н. Принципы создания территориально распределенных систем в здравоохранении.....	139
Соколова Е. А. Компрессия статичных изображений вариабельными фрагментами.....	141
Столбовский Д. Н. К вопросу о проектировании САПР (СУ ТС).....	144
Токарева И. В. Функции и эффективная организация работы подсистемы АСУ вуз «Кафедра».....	146
Томаев М. Х. Модели экстремального программирования.....	150
Тукабаев П. Т. Мобильные телемедицинские лечебно-диагности- ческие системы.....	152
Шиолашвили Л. Н. Тезаурус как структурирующая компонента информационной системы.....	155

Секция 3

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Адцеев В. Г., Бекаури Н. Г. ГИС-проект «Геоэкологическое состояние рек Геналдон и Гизельдон до и после схода ледника Колка» и система управления природоохранных и водохозяйственных ведомств РСО-Алания.....	159
---	-----

Albarelo D., Martinelly G., Panahi B. M., Aliyev Ch. Monitoring of seismic tremor of mud volcanic structures: preliminary study.....	161
Алборов И. Д., Бадтиев Ю. С., Закс Т. В., Сосунова О. Д. Оценка воздействия горно-технологического комплекса на геосферы региона.....	163
Алборов И. Д., Закс Т. В., Тедеева Ф. Г., Сосунова О. Д. Моделирование экологичности производства.....	167
Алборов И. Д., Тедеева Ф. Г., Бадтиев Ю. С., Закс Т. В. Прогноз экологической нагрузки на экосистему.....	171
Бергер М. Г. К методике диагностики характера и определения причин катастрофы на леднике Колка 2002 г.....	175
Бергер М. Г. Основные геоинформационные аспекты терригенной минералогии и ее приложений.....	176
Бериев О. Г., Закс Т. В. Влияние геофизических факторов на здоровье человека.....	178
Бондырев И. В. Проблемы устойчивого развития кавказского региона и биопозитивные технологии.....	180
Бурдзиева О. Г. О параметре повреждаемости физических систем....	185
Габеева И. Л. Влияние рельефа на формирование сейсмической опасности территории в горных регионах.....	189
Габеева И. Л., Мельков Д. А. Использование метода конечных элементов при оценке влияния грунтовых условий на сейсмический эффект землетрясений.....	192
Габеева И. Л., Мельков Д. А. Влияние рельефа на спектральные особенности микросейсм.....	195
Голик В. И., Козырев Е. А., Логачев А. В. Напряженность и динамика горного массива при разработке месторождений.....	199
Голик В. И., Логачев А. В., Агузаров Т. А. Механизм развития взрыва в горном массиве.....	202
Голик В. И., Логачев А. В. Природа проявления гравитации в скальном массиве.....	205
Джгамадзе А. К. Изменение качества подземных вод в юго-восточной части Северо-Осетинского артезианского бассейна.....	208

Джгамадзе А. К. Особенности инженерно-геологических условий территории г. Владикавказа.....	210
Джгамадзе А. К., Заалишвили В. Б. Роль обводнения типа «верховодки» при формировании сейсмической опасности грунтов на территории г. Владикавказа.....	213
Заалишвили В. Б., Дзеранов Б. В., Мельков Д. А., Кануков А. С. Влияние грунтовых условий на волновое поле микросейсм.....	216
Заалишвили В. Б., Дзеранов Б. В., Чотчаев Х. О., Мажиев Х. Н. Об оценке просадочности грунтов для целей сейсмостойкого строительства.....	220
Заалишвили В. Б., Малиев И. Н., Дзедоев Б. А. Динамика схода ледника Колка. Численный эксперимент.....	223
Заалишвили В. Б., Невская Н. И., Забирченко Д. Н., Кануков А. С., Мельков Д. А. Развитие инструментальных наблюдений в центральной части Северного Кавказа.	226
Заалишвили В. Б., Невский Л. Н., Трофименко С. Н. Особенности геофизических полей над вулканическими постройками Северного Кавказа.....	229
Заалишвили В. Б., Невский Л. Н., Шемпелев А. Г. Глубинное строение осетинской впадины и перспективы ее нефтегазоносности.....	233
Заалишвили В. Б., Осикин Д. Е., Заалишвили З. В. Экономическая эффективность современных геотехнологий в сейсмостойком строительстве.....	237
Заалишвили В. Б., Симакин А. Г. Сигнальные системы в условиях чрезвычайных ситуаций в горных регионах после природно-техногенных катастроф.....	240
Заалишвили В. Б., Туаева Ж. Д., Дзедоев Б. А. Оценка сейсмического риска горнодобывающего предприятия на основе геоинформационных технологий в условиях интенсивных сейсмических воздействий.....	242
Заалишвили В. Б., Туаева Ж. Д., Мельков Д. А. Установление механизмов формирования нелинейно-неупругих явлений, обусловленных нано-размерными частицами среды при интенсивных динамических воздействиях.....	245

Заалишвили В. Б., Харебов К. С. О выделении границ упруго-пластического состояния геологической среды по сейсмическим данным.....	246
Заалишвили В. Б., Чотчаев Х. О., Мельков Д. А., Дзеранов Б. В. Современные геофизические методы и геотехнологии при инженерно-геологических изысканиях на урбанизированной территории.....	250
Забирченко Д. Н., Мельков Д. А. Разработка информационной системы комплексного анализа данных мони-торинга ГГД-поля и других геофизических полей.....	253
Зарини А. Г. Математическое моделирование катастрофического схода ледника Колка.....	255
Кануков А. С., Мельков Д. А. Организация современной сейсмологической базы данных записей Кармадонского параметрического полигона.....	258
Караханян А. С., Аракелян А. Р., Асатрян Л. С. Определение вероятности и величины смещения по разрыву при землетрясении.....	261
Келоев Т. А. Сейсмичность как самоорганизующийся процесс в окрестностях критической точки.....	263
Козырев Е. Н., Симакин А. Г. Сейсмоприемник на основе использования СВЧ сигналов для региональных исследований волнового сейсмического поля.....	265
Колесникова А. М. Вторичные кварциты и другие эффузивные породы Буронской толщи (Горная Осетия)	267
Комжа А. Л., Заалишвили В. Б., Вьюхина А. А. Мониторинг процессов восстановления растительного покрова в долинах рек Геналдон и Гизельдон после катастрофической пульсации ледника Колка.....	271
Лолаев А. Б., Акопов А. П., Оганесян А. Х., Сулин М. Н. Использование геоинформационных технологий при разработке технологии намыва дамбы хвостохранилища.....	274
Лолаев А. Б., Баскаев А. Н. К вопросу методологии прогнозирования природных и техногенных процессов.....	278

Маммедли Т. Я. Об оценке сейсмической опасности территории Азербайджана.....	281
Panahi B. M. On correction of epicenter location of X th century Caspian sea onshore earthquake.....	282
Певнев А. К. О необходимости создания геодезической прогнозной системы на Владикавказском геодинамическом полигоне.....	285
Радионов А. А. Моделирование образования газовой подушки при заполнении трещины магматическим расплавом.....	288
Рогожин Е. А., Овсяченко А. Н., Мараханов А. В. Сейсмостек- тоника Республики Северная Осетия-Алания.....	291
Тедеев Т. Р. Неоднородная задача влагоупругости.....	294
Туаева Ж. Д., Бердникова Н. Е. Использование компьютерных технологий в решении прямой задачи упругости с памятью.....	297
Уткин И. С., Федотов С. А., Уткина Л. И., Собисевич А. Л., Заалишвили В. Б. Использование тепла горных пород, вмещающих магматический очаг вулкана Эльбрус, для производства электроэнергии.....	299
Уткина Л. И., Федотов С. А., Уткин И. С., Заалишвили В. Б. Оценка объема изверженных материалов, образующих постройку вулканов на протяженных горных хребтах.....	302
Харегов А. К. Факторный анализ параметров грунтов, показателей сейсмического воздействия и данных инструментальных записей землетрясений.....	304
Шемпелев А. Г., Забирченко Д. Н. Суточные вариации электромагнитного поля Земли.....	307
Указатель сокращений.....	310

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ.
НАУКА И ПРАКТИКА**
(международная научная конференция)

Тезисы докладов

Часть 2

Компьютерная верстка *М. Д. Бичкаева*
Зав. редакцией *М. С. Биченова*

Подписано в печать 17.06.2009. Формат бумаги $60 \times 84^{1/16}$.
Усл. п. л. 18,60. Тираж 200 экз. Заказ № 112.

Владикавказский научный центр РАН и РСО-А
362008, г. Владикавказ, пр. Коста, 93.

Отпечатано в ИПО СОИГСИ им. В. И. Абаева
362040, г. Владикавказ, пр. Мира, 10.

ISBN 978-5-93000-061-0



9 785930 000610