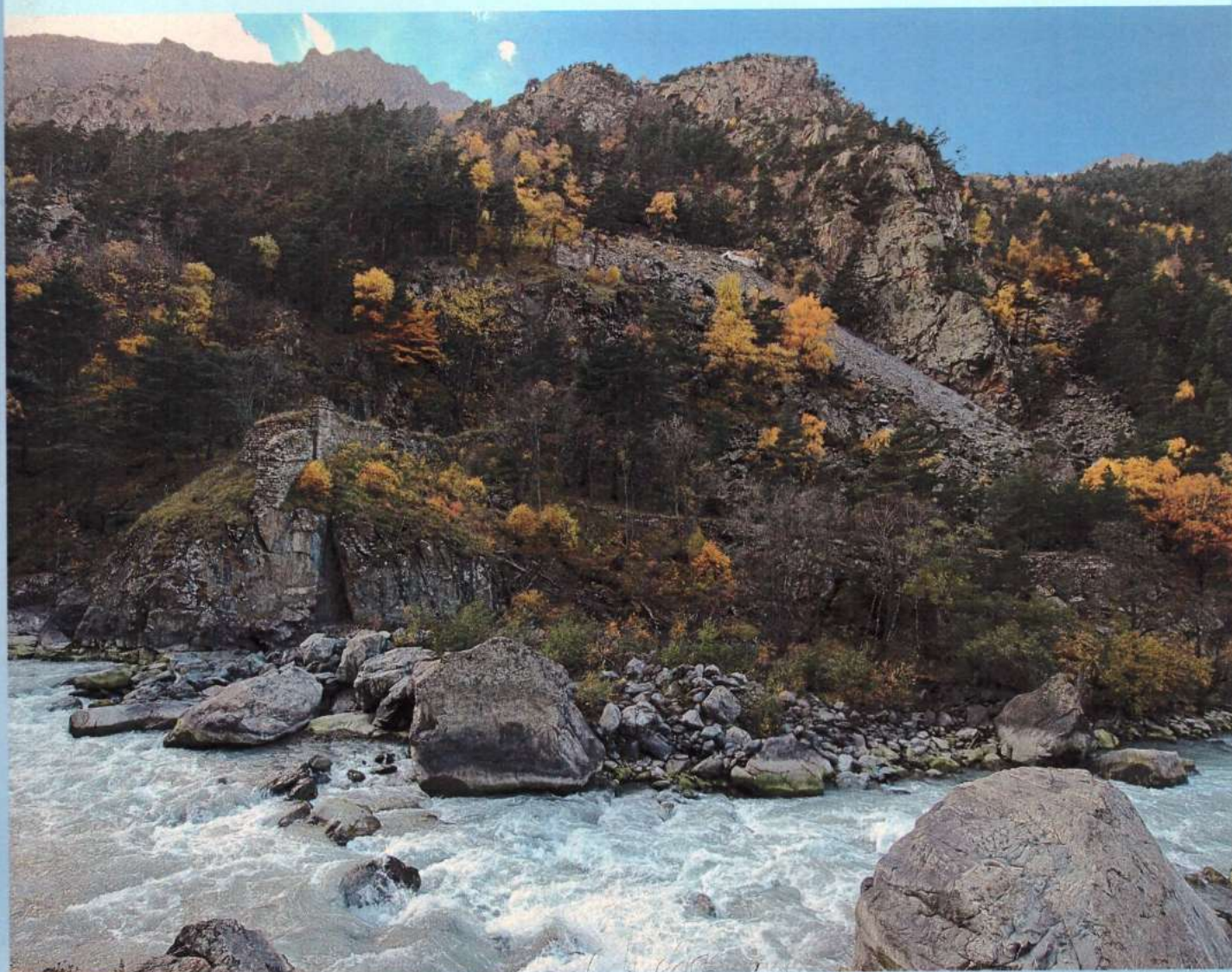


ISSN 2221-3198

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА ЮГА РОССИИ

№ 4 / 2014



СОДЕРЖАНИЕ

Адилев З.А., Асманов О.А. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ДАГЕСТАНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ.....	3
Джгмадзе А.К. ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПО ИСТОЧНИКУ КАУРИДОН (РСО-АЛАНИЯ).....	9
Заалишвили В.Б. ЗАВИСИМОСТЬ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ОТ СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА	15
Заалишвили В.Б. КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ЛИНЕЙНЫМИ И НЕЛИНЕЙНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ГРУНТОВ ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ	45
Келоев Т.А., Гудиева И.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ МЕТОДАМИ ГЕОДЕЗИИ И ГЕОФИЗИКИ	58
Козырев Е.Н., Симакин А.Г. ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ ОБЪЕМНОГО РЕЗОНАТОРА СВЧ.....	66
Комжа А.Л. ГЛЯЦИАЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ В ДОЛИНЕ РЕКИ ГЕНАЛДОН В XVIII– XXI ВЕКАХ: ПРОБЛЕМЫ ДАТИРОВКИ И ФИТОИНДИКАЦИЯ	78

НАШИ ГОСТИ

Бабаян Т.О. О СЕЙСМОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ, ВЫЗВАННОЙ НЕФТЕДОБЫЧЕЙ	102
--	-----

ДИСКУССИИ, ОБСУЖДЕНИЯ

Бергер М.Г., Заалишвили В.Б. ОБ ЭВОЛЮЦИИ И СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ГЛЯЦИОЛОГОВ О КАТАСТРОФЕ НА ЛЕДНИКЕ КОЛКА И В ГЕНАЛДОНСКОМ УЩЕЛЬЕ 20 СЕНТЯБРЯ 2002 Г. СПИСОК Л. В. ДЕСИНОВА: ФАКТЫ И АРТЕФАКТЫ.....	110
---	-----

СООБЩЕНИЯ

Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Габараев А.Ф., Шепелев В.Д. СХОД КАМЕННО-ЛЕДОВОЙ ЛАВИНЫ В РАЙОНЕ ЛЕДНИКА ДЕВДОРАК 17 МАЯ 2014 ГОДА ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ	122
--	-----

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

ЮРИЮ ГЕОРГИЕВИЧУ ЛЕОНОВУ – 80!	129
АЛЕКСЕЮ ВСЕВОЛОДОВИЧУ НИКОЛАЕВУ – 80!	131

CONTENTS

Adilov Z.A., Asmanov O.A. SOME SPECIAL FEATURES OF THE EARTHQUAKES MACROSEISMIC EFFECT OF DAGHESTAN AND ADJACENT TERRITORIES	3
Dzhgamadze A.K. SPECIAL FEATURES OF THE FRESH UNDERGROUND WATER SUPPLIES ESTIMATION ACCORDING TO THE SOURCE KAURIDON (RSO-ALANIYA).....	9
Zaalishvili V.B. DEPENDENCE OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF SEISMIC WAVES ON THE STRUCTURE OF THE UPPER PART OF THE SECTION	15
Zaalishvili V.B. INTERRELATIONS BETWEEN THE LINEAR AND NONLINEAR CHARACTERISTICS OF SOILS ACCORDING TO INSTRUMENTAL DATA.....	45
Keloev T.A., Gudieva I.N. ANALYSIS OF THE STEADY STATE OF THE EARTH'S ATMOSPHERE BY THE METHODS OF GEODESY AND GEOPHYSICS.....	58
Kozirev E.N., Simakin A.G. HIGHLY SENSITIVE SEISMIC CONVERTER ON THE BASIS OF THE CAVITY RESONATOR OF SHF SHF.....	66
Komzha A.L. GLACIAL EVENTS IN THE VALLEY OF GENALDON RIVER IN XVIII–XXI CENTURIES: PROBLEMS OF DATING AND PLANT INDICATION ...	78

OUR GUESTS

Babayan T.O. ABOUT A SEYSMOECOLOGICAL DANGER CAUSED BY THE OIL OUTPUT.....	110
--	-----

MESSAGES

Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Dzeranov B.V., Kanukov A.S., Gabaraev A.F., Shepelev V.D. ROCK-ICE AVALANCHE MOVEMENT IN THE REGION OF DEVGORAK GLACIER ON 17 MAY 2014 ON INSTRUMENTAL DATA	122
---	-----

JUBILEES

YURI GEORGIEVICH LEONOV IS 80 YEAR OLD!	129
ALEKSEY VSEVOLODOVICH NIKOLAYEV IS 80 YEAR OLD!	131

УДК 530348098.64 (470.6)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ДАГЕСТАНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

© 2014 З.А. Адиллов, О.А. Асманов, к.ф.-м.н.

Дагестанский филиал ФГБУН ГС РАН, г. Махачкала, 367008, Республика
Дагестан, г. Махачкала, ул. Белинского, 16, e-mail: adilov79@mail.ru

Рассматриваются некоторые временные и пространственные закономерности макросейсмических проявлений землетрясений Дагестана и прилегающих территорий. Построены кумулятивные графики накопления макросейсмических событий и выявлены средние периодичности сотрясений разной интенсивности. Показано, что разные очаговые зоны характеризуются различными коэффициентами в формулах типа Блейка-Шебалина. Приводятся корреляционные соотношения для расчета большего и меньшего радиусов изосейст и большего и меньшего гипоцентральных расстояний в зависимости от магнитуды и балльности изосейсты.

Ключевые слова: кумулятивный график, изолинии балльности.

Как известно, макросейсмические проявления землетрясений характеризуются частотой возникновения на земной поверхности сейсмических сотрясений разной интенсивности, создаваемых всеми очагами землетрясений региона и измеряемых в баллах макросейсмической шкалы или в иных количественных характеристиках (ускорения, скорости, смещения, длительности колебаний и др.). Поэтому одной из главных задач является изучение частоты возникновения во времени и в пространстве сейсмических сотрясений разной интенсивности.

Попытка оценки частоты возникновения сейсмических событий без учета макросейсмических проявлений на исследуемой территории сделана в статье [Адиллов, Асманов, 2012], в которой приведены табличные данные, приводящие к корреляционному соотношению между периодом повторяемости и энергетическим классом K или магнитудой M землетрясений:

$$T_K = 1,0 * 10^{-6} * \exp(1,12 * K), \quad T_M = 1,0 * 10^{-6} * \exp(2,02 * M + 4,48) \quad (1)$$

При этом мы исходили из фрактальности или самоподобия сейсмического процесса. Под фрактальностью или самоподобием понимается наличие подобной структуры объекта на разных иерархических масштабных уровнях его рассмотрения.

Но не каждое сейсмическое событие сопровождается макросейсмическим проявлением ощутимой интенсивности. Поэтому для оценки частоты возникновения сейсмических сотрясений ощутимой интенсивности строились отдельные кумулятивные графики накопления макросейсмических событий 6, 7 и 8 балльностей (рис. 1), и обобщенный кумулятивный график накопления макросейсмических событий 6-8 балльностей (рис. 2). На графиках по оси ординат отложено время в годах, а по оси абсцисс – порядковые номера в хронологической последовательности землетрясений с 6-ти, 7-ми и 8-мибалльным (рис. 1) и 6-8-мибалльным (рис. 2) макросейсмическим проявлением в эпицентре. Угол наклона аппроксимирующей прямой определяет величину среднего периода повторяемости сотрясений данной

интенсивности. Кумулятивные графики накопления макросейсмических событий 6, 7 и 8 балльности указывают на среднюю периодичность повторяемости сотрясений указанных балльностей 2,7 года, 3,9 года и 7,9 года соответственно. Эти и другие данные дают возможность определения корреляционного соотношения между балльностью в эпицентре и периодом повторяемости землетрясений с соответствующей балльностью в виде:

$$T_{I_0} = 0,002 * \exp(1,078 * I_0) \quad (2)$$

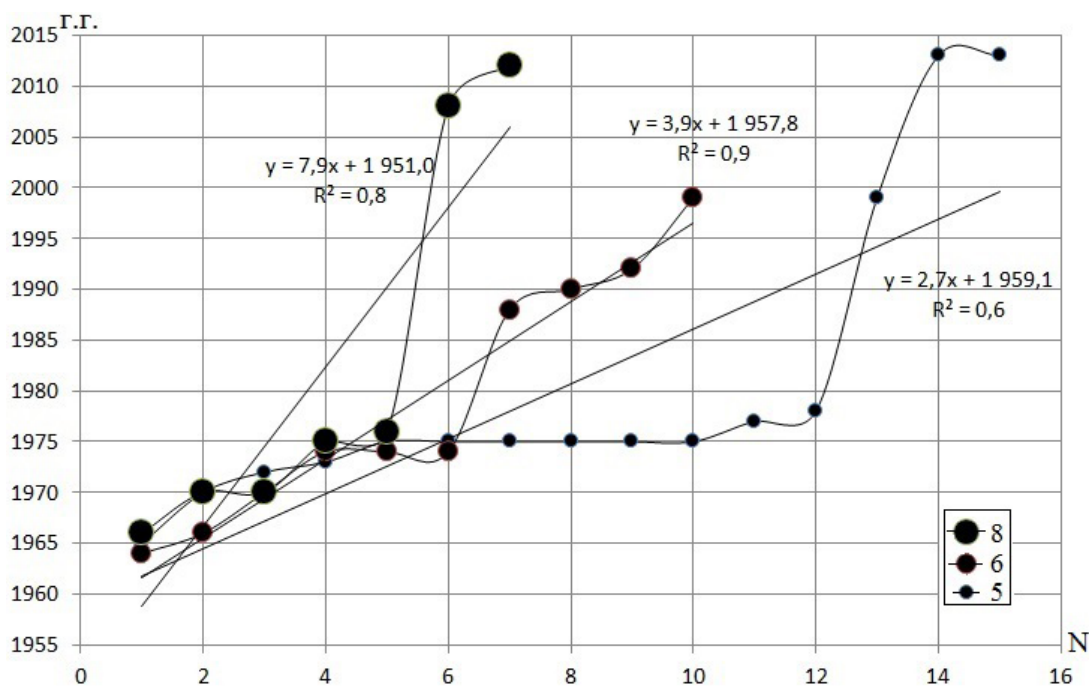


Рис. 1. Кумулятивные графики накопления макросейсмических событий 5, 6 и 8 балльностей

Как видно из рис. 2, средняя периодичность повторяемости 6-8-мибалльных сотрясений составляет 1,4 года. Полиномом третьей степени, аппроксимирующий обобщенный кумулятивный график, носит колебательный характер около аппроксимирующей прямой. Конец аппроксимирующего полинома третьей степени указывает на то, что очередное, 33-е, землетрясение 6-8 балльности ожидается в ближайшие 2-3 года.

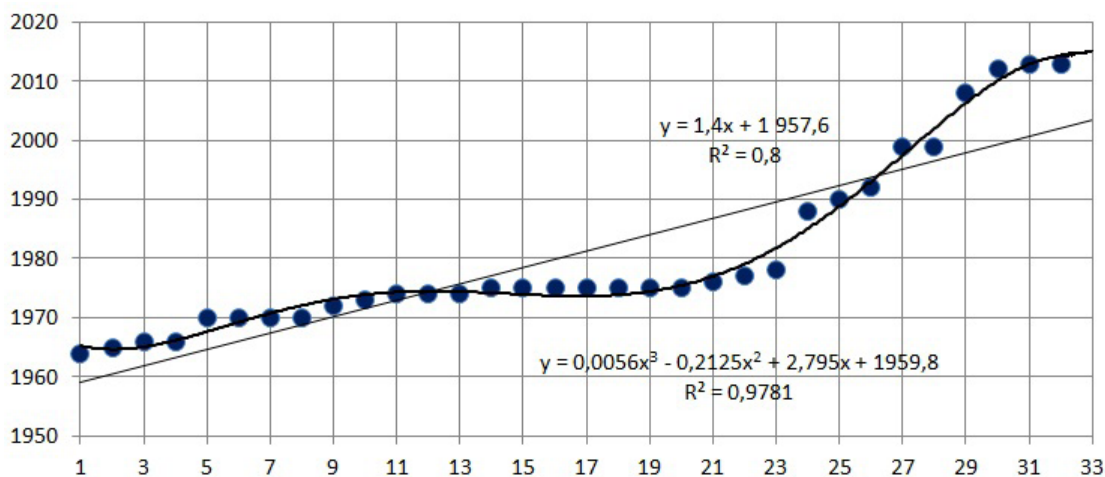


Рис. 2. Кумулятивный график накопления макросейсмических событий 6-8 балльности

Особого рассмотрения требует уравнение макросейсмического поля, которое в практике макросейсмических исследований наибольшее распространение получило в формулах типа Блейка-Шебалина:

$$I_0 = bM - \gamma_0 lgh + C, I_i = bM - \gamma_0 l g \sqrt{\Delta^2 + h^2} + C \quad (3)$$

Для Дагестана и прилегающих районов принято считать коэффициенты b , γ_0 , C равными 1,5, 3,6, 3,1 соответственно. Здесь не учитываются геометрические размеры очага и изосейсты являются концентрическими кругами.

Основываясь на макросейсмических данных исследуемой территории за период с 1965 г. по 1914 г., были построены графики зависимости $I_i = -\gamma_0 lgr + C_1$, где $C_1 = bM + C$, а r – гипоцентральное расстояние (рис. 3), и получены разные значения коэффициента затухания для разных очаговых зон.

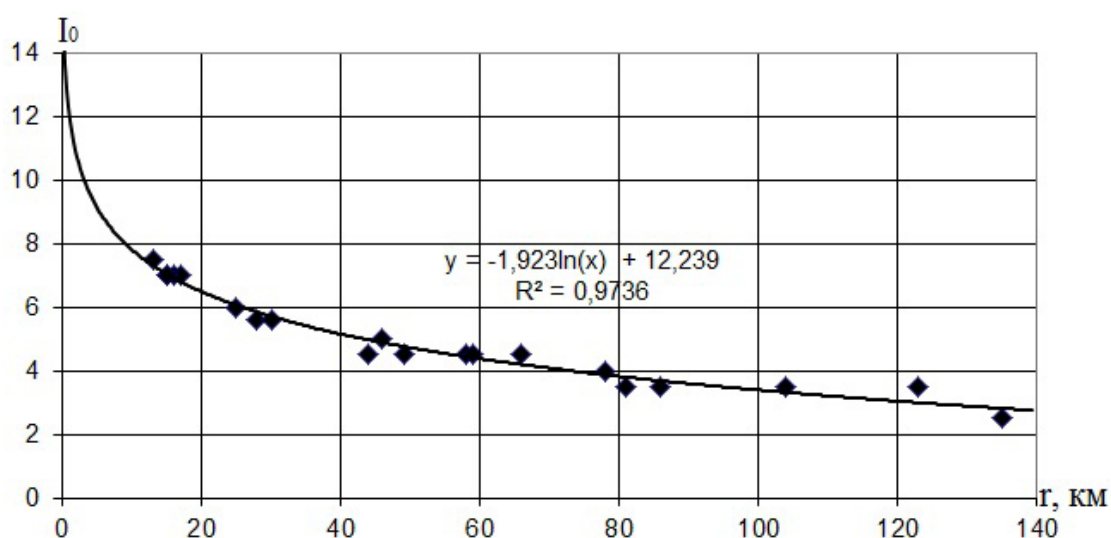


Рис. 3. График зависимости $I_i = -\gamma_0 lgr + C_1$ в очаговой зоне «Дагестанский клин»

К примеру, для очаговой зоны «Дагестанский клин» получено среднее значение $\gamma_0 = 3,9$. По полученным значениям C_1 (на графике рис. 3 $C_1 = 12,2$), построив зависимость $C_1(M)$ где M – магнитуды разных землетрясений данной очаговой зоны, определяются коэффициенты b и C (рис. 4).

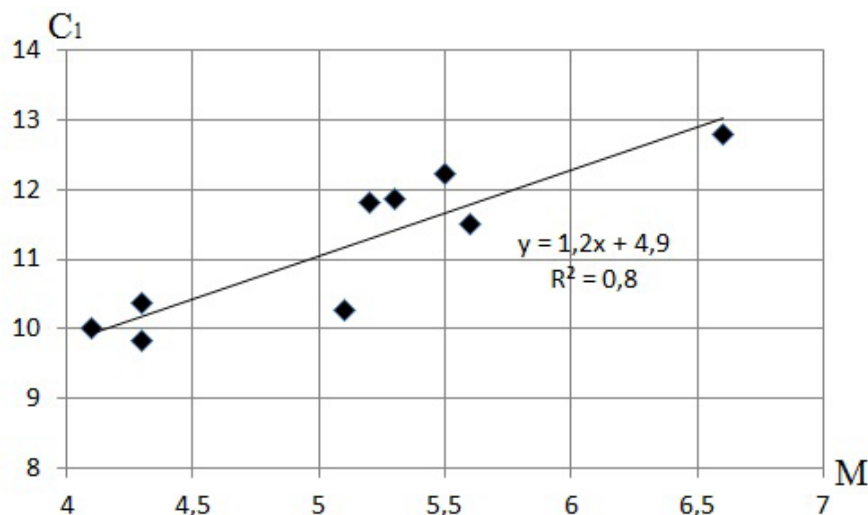


Рис. 4. График зависимость $C_1(M)$

Из этой зависимости на графике рис. 4 видно, что $b = 1,2$ и $C = 4,9$.

Для выявления пространственных закономерностей макросейсмических проявлений землетрясений построены зависимости максимальных магнитуд от глубин очагов (рис. 5). Сплошными линиями показаны максимальные магнитуды происшедших землетрясений для разных глубин, интервалы глубин выбраны через 3 км.

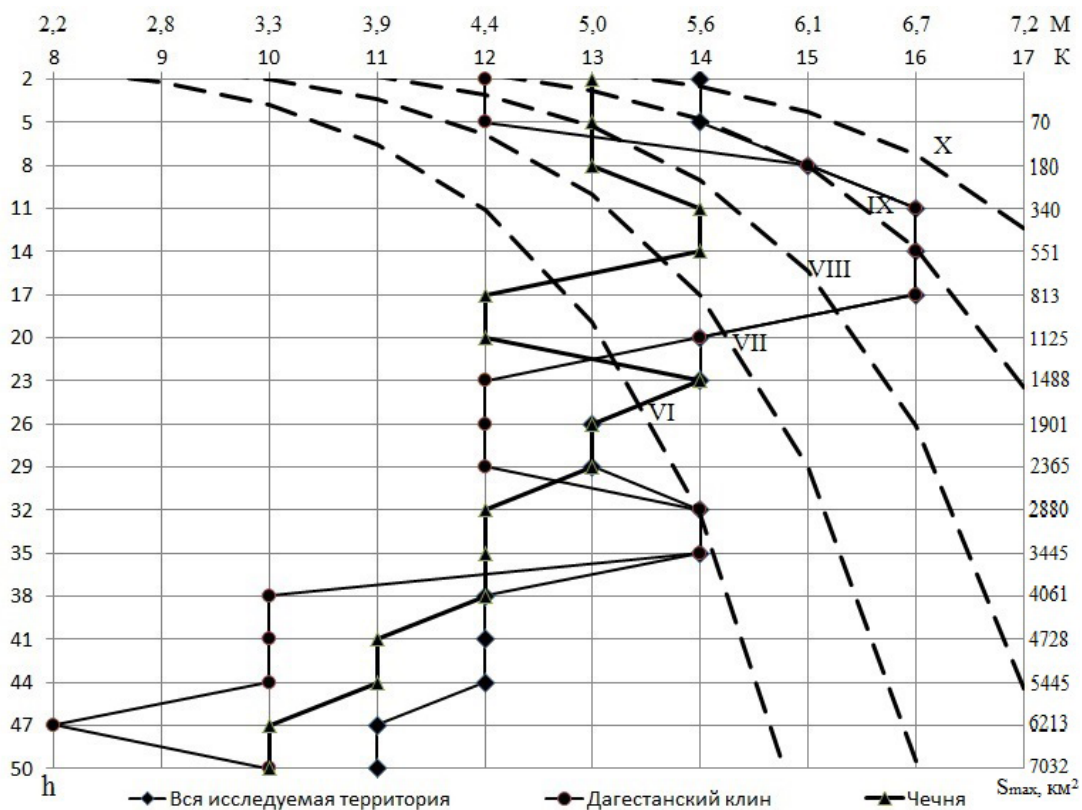


Рис. 5. Зависимость максимальной магнитуды (или класса) от глубины очага

На графике представлены вся исследуемая территория и зона Дагестанского землетрясения 1970 г., «Дагестанский клин» и очаговая зона Курчалоевского землетрясения в Чеченской республике. Пунктирные линии построены по уравнению макросейсмического поля (3). Это изолинии балльности в эпицентре, достигаемой при данных магнитуде и глубине очага. Пересечение линий максимальных магнитуд с изолиниями равной балльности дает знать, при каких сочетаниях глубины очага и магнитуды в данной зоне реализуется сотрясение данного балла. Правая шкала дает ориентировочные значения площади распространения максимальных сотрясений.

Представление о максимально возможных магнитудах в проекции на дневную поверхность и наиболее вероятных ориентациях главных осей очаговых зон землетрясений рассматриваемой территории дает карта, приведенная в работе [Левкович, Асманов, 1977].

При выделении очаговых зон с возможными максимальными землетрясениями необходимо использовать реальные геометрические размеры очагов путём перехода от понятия точечности очагов к их пространственно-трёхмерному представлению. Единой корреляционной зависимости между объемом гипоцентра и магнитуды не существует. Для разных очаговых зон исследуемой территории нами были

получены разные корреляционные зависимости между размерами очага L_K (км) и энергией землетрясения [Адилев и др., 2013].

Изосейсты, как известно, в большинстве своем приближаются к форме эллипсов и ориентируются длинной осью по простиранию основных геологических структур. Нами были отобраны двадцать землетрясений, в макросейсмическом описании которых была большая уверенность, для выявления связи между большим и меньшим радиусами изосейст с магнитудой (для интервала глубин $10 \div 20$ км), а также выявления связи большего и меньшего гипоцентральных расстояний изосейсты с магнитудой. Полученные формулы представлены в табл. 1:

Таблица 1

Изосейсты	Эпицентральные радиусы		Гипоцентральные расстояния	
	больший	меньший	большее	меньшее
I_4	$0,019M^{5,04}$	$0,008M^{5,39}$	$0,02M^{4,93}$	$0,012M^{5,17}$
I_5	$0,004M^{5,72}$	$0,002M^{5,04}$	$0,02M^{4,87}$	$0,006M^{5,29}$
I_6	$0,003M^{5,5}$	$0,0029M^{5,22}$	$0,02M^{4,56}$	$0,003M^{3,94}$
I_7	$0,005M^{4,65}$	$0,0009M^{5,3}$	$0,02M^{3,94}$	$0,018M^{3,9}$

Для сравнения на рис. 6 приведены изолинии 6-ой балльности, рассчитанная по формуле Блейка-Шебалина (пунктирная линия VI) и изолинии 6-ой балльности, рассчитанные по меньшему и большему гипоцентральных расстояниям по формулам для I_6 из табл. 1 (сплошные линии VI' и VI'' соответственно).

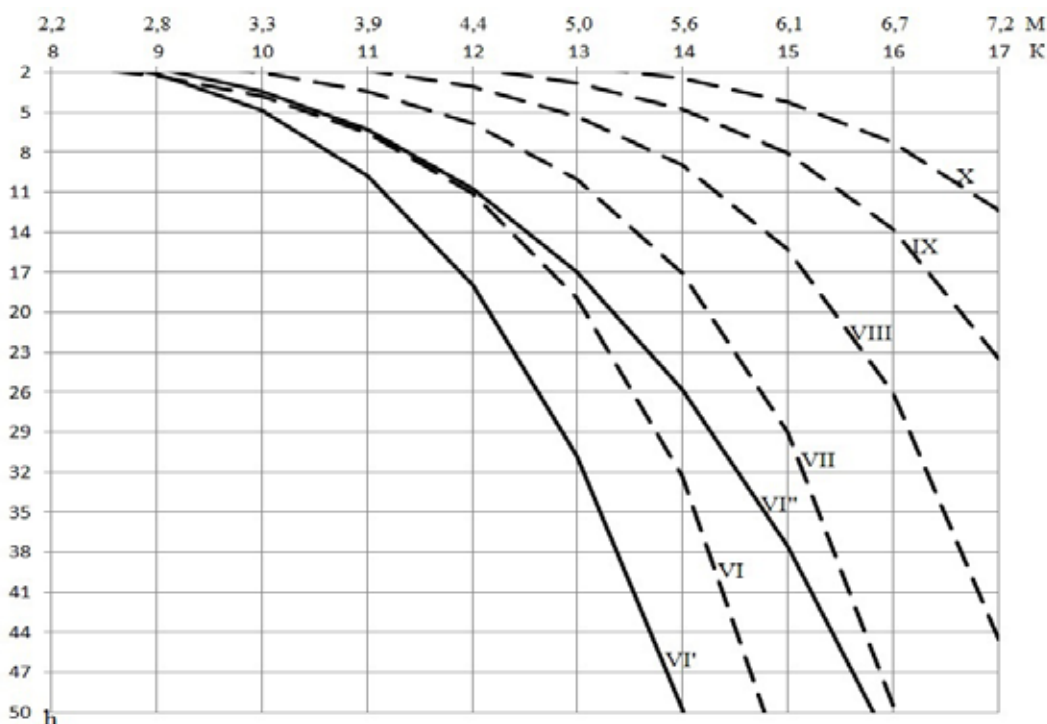


Рис. 6. Сравнительная картина изолинии 6-ой балльности по формуле Блейка-Шебалина и по формулам из табл. 1.

Как видно из рис. 6 изолиния по формуле Блейка-Шебалина оказывается между изолиниями, рассчитанными по табличным формулам. К подобным результатам

приводят и сравнения изолиний для других интенсивностей сотрясений в эпицентре.

Таким образом, знание о наиболее вероятных ориентациях главных осей очаговых зон землетрясений рассматриваемой территории и формулы из таблицы дают возможность предварительного оперативного теоретического макросейсмического описания землетрясений. Формулы из таблицы являются обобщенными для всей рассматриваемой территории, наличие таких зависимостей для каждой очаговой зоны повысило бы точность макросейсмических описаний.

Литература

1. Адилов З.А., Асманов О.А. Проявления фрактальности в сейсмичности территории Дагестана // Геология и геофизика Юга России. – Владикавказ, 2012 г, №2, С. 3-10.
2. Адилов З.А., Асманов О.А., Даниялов М.Г. Корреляция энергии землетрясения с объемом гипоцентральной области для территории Дагестана // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Восьмой международной сейсмологической школы. Обнинск, 2013. – С. 21-24.
3. Левкович Р.А., Асманов О.А. Влияние разломной тектоники на формирование макросейсмического поля сильных землетрясений Дагестана. В сб. Сейсмический режим территории Дагестана. / Тр. Института Геологии Даг. ФАН СССР, 1977 г., №1, с.46-55.

SOME SPECIAL FEATURES OF THE EARTHQUAKES MACROSEISMIC EFFECT OF DAGHESTAN AND ADJACENT TERRITORIES

© 2014 Z.A. Adilov, O.A. Asmanov, Cand. Phys.-Math Sci.

Daghestan branch of geophysical service RAS, 16, Belinskogo st., Makhachkala,
Republic of Daghestan, 367008, e-mail: adilov79@mail.ru

Some time and three-dimensional laws governing the macroseismic effects of the Daghestan earthquakes and adjacent territories are examined. The cumulative graphs of the accumulation of macroseismic events are built and the average periodicities of the shake-ups of different intensity are revealed. It is shown that the different focus zones are characterized by different coefficients in the formulas of Blake-Shebalin type. The correlation relationships for the calculation of isoseists greater and less radii and larger and less than hypocentral distances depending on magnitude and intensity of isoseist are given.

The keywords: cumulative graph, the contour line of intensity.

УДК 556

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПО ИСТОЧНИКУ КАУРИДОН (РСО-АЛАНИЯ)

© 2014 А.К. Джгамадзе, в.н.с.

Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия,
362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а

Рассмотрены результаты работ по оценке запасов пресных подземных вод по источнику Кауридон. Выход источника является устьем р. Кауридон – правого притока р. Геналдон и находится в 2,8 км к югу от с. Старая Саниба Пригородного района РСО-Алания. Дебит источника в разные периоды года колеблется от 120 до 243 л/сек. Каптажным устройством выход источника не оборудован. Создан лишь водосбор, позволяющий с помощью рамочного водослива производить замеры дебита источника. По источнику в 2009-2010 гг. были проведены гидрогеологические разведочные работы. Их целью являлось проведение гидрогеологических исследований на участке недр для обеспечения хозяйственно-питьевых нужд с. Старая Саниба (183,8 м³/сутки) и производственного водоснабжения (промышленный розлив), недропользователя (ООО «Техноир»), в количестве 1544,2 м³/сутки, с подсчетом запасов подземных вод. По результатам работ произведена госэкспертиза запасов и утверждены запасы пресных подземных вод Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ «Роснедра»), в количестве 1728 м³/сутки.

Проведенные работы способствуют расширить представления о подземных водах Горной Осетии, в целом, и рассматривать их как достаточно перспективные для хозяйственно-питьевого водоснабжения горных сел, а также, в виду высоких качественных показателей, для промышленного розлива.

Ключевые слова: запасы подземных питьевых вод, категория С₁, источник Кауридон, река-аналог, корреляционная связь, среднесуточный расход 95%-ой обеспеченности.

Исследуемый участок расположен в центральной части высокогорной зоны Осетии, характеризуется исключительно сложным, сильно расчлененным рельефом, относится к зоне киммерийской складчатости, имеющей блоковое строение и усложненной альпийскими и новейшими тектоническими движениями.

Выход источника приурочен к подзоне Южной синклинали, которая занимает основную часть участка. Сложена подзона отложениями тоарского века и представляет собой в целом синклиналь, южное крыло которой опрокинута к северу. Южная синклиналь осложнена многочисленными субширотными разломами, сопровождаемыми мелкими приразломными складками. По разломам каждый северный блок является в той или иной степени опущенным [Ольховский, Гибилов, 1998].

В пределах исследуемого участка преобладают отложения ранней юры. Четвертичные отложения залегают в бассейнах рек и пониженных частях рельефа.

Моренные отложения в пределах участка развиты в долинах рек Кауридон и Фардон. Сложены они, слабосцементированными песчаным материалом и суглинками, валунами, галькой, гравием. Мощность их достигает 50-60 м. В долинах рек в комплексе с аллювиальными отложениями они образуют единую обводненную часть. В верховьях рек эти отложения сильно обводнены.

Выход исследуемого источника «Кауридон» приурочен к описываемым отложениям в верховье р. Кауридон, которые покрывают коренные породы, осложненные

многочисленными субширотными мелкими и средними разломами. Наличие в разломных участках зон дробления создают благоприятные условия для разгрузки талых вод на пути их движения. Крупно- и мелкообломочный материал моренных отложений выполняет роль мощных коллекторов подземных вод. Дебит источника, по результатам проведенных наблюдений, в течение года колеблется от 120 до 240 л/с. По химическому составу вода источника является гидрокарбонатно-сульфатной магниево-кальциевой с минерализацией 0,1-0,2 г/дм³.

Исходя из результатов выполненных исследований [Джгамадзе, 2011], можно сделать вывод о том, что благодаря хорошим стабильным качественным показателям, а также многодебитности источника, использование подземных вод моренных отложений в высокогорной зоне Осетии имеет хорошие перспективы, как в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, так и для развития промышленного розлива.

Основными расчетными параметрами, входящими в подсчет запасов подземных вод по источнику «Кауридон» являются:

- минимальный среднесуточный расход источника в период проведения гидрогеологических разведочных работ – 120 м³/сек или 10364 м³/сутки;
- минимальный среднесуточный расход р. Геналдон 95% обеспеченности за многолетний период наблюдений (1961-2002 гг.) – 0,80 м³/сек;
- минимальный среднесуточный расход р. Гизельдон 95% обеспеченности за многолетний период наблюдений (1931-2002 гг.) – 0,42 м³/сек;
- минимальный среднесуточный расход р. Гизельдон 95% обеспеченности за многолетний период наблюдений (1931-2009 гг.) – 0,42 м³/сек;
- минимальный среднесуточный расход р. Гизельдон, зафиксированный в период проведения гидрогеологических разведочных работ, 07.2009-08.2010 гг., в январе 2010 года – 1,45 м³/сек.

Оцениваемые запасы пресных подземных вод питьевого качества, потребность в которых для ООО «Техноир» составляет 1728 м³/сутки, предназначены для хозяйственно-питьевого водоснабжения с. Старая Саниба и производственного водоснабжения предприятия. Удовлетворение заявленной потребности водопользователя предполагается за счет источника «Кауридон», приуроченного к моренным отложениям современной четвертичной фазы.

Эксплуатация источника для заявленных целей планируется после строительства капитального каптажного сооружения, состоящего из бетонной водосборной камеры, обеспечивающей максимальный сбор воды из источника и защиту ее от неблагоприятных внешних факторов, способных отрицательно повлиять на ее качественный состав.

Оценка запасов подземных вод по источнику Кауридон ведется по результатам режимных наблюдений, выполненных с июля 2009 г. по октябрь 2010 г.

Подсчет запасов по источнику оцениваются по среднесуточному дебиту источника вероятностью превышения 95% [Биндеман, Язвин, 1970]. Ввиду того, что режимные наблюдения по источнику выполнены только в течение одного года, для приведения измеренных дебитов к расходам 95% обеспеченности использован многолетний ряд наблюдений реки-аналога.

Ближайший гидропост «Кармадон», функционирующий на реке Геналдон с 1931 года, правым притоком которой является р. Кауридон, был уничтожен вследствие катастрофического схода ледника «Колка» в 2002 году и с этого момента не

функционирует. По данным, предоставленным ГУ Северо-Осетинским республиканским центром по гидрометеорологии, за период наблюдений по гидропосту «Кармадон» в 1931-2002 гг., минимальный среднесуточный расход воды р. Геналдон 95% обеспеченности составил 0,80 м³/сек. Однако, эти данные по р. Геналдон не могут быть использованы в качестве реки-аналога, ввиду отсутствия информации по расходу реки на период проведения гидрогеологических исследований по источнику «Кауридон».

В связи с этим, в качестве реки-аналога в подсчете запасов подземных вод по источнику «Кауридон» была использована река Гизельдон, правым притоком которой является р. Геналдон. Питание этих рек связано с таянием ледников и снежников на северном склоне Бокового хребта в верховьях рек и выпадением атмосферных осадков [Справочное руководство..., 1979].

Кроме того, основанием для выбора р. Гизельдон в качестве реки-аналога является хорошая корреляционная связь между расходом источника «Кауридон» и р. Гизельдон по гидропосту Даргавс, получающих питание от таяния ледников и снежников. Расчет корреляционной связи приводится ниже [Лучшева, 1976].

В табл. 1. приведены следующие обозначения:

y – расход реки (средний за период наблюдений);

x – расход источника;

y_0, x_0 – замеренные среднемесячные расходы реки и источника;

$\Delta y, \Delta x$ – отклонение отдельных значений расходов от их средних замеренных;

n – число замеров;

r – коэффициент корреляции

$$r = \frac{\Delta y \cdot \Delta x}{\sqrt{\Delta y^2 \cdot \Delta x^2}}$$

ξ – вероятная ошибка

$$\xi = \pm 0,674 \cdot \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}$$

Таблица 1

Месяц, год	Расход, м ³ /с		$\Delta y = (y - y_0)$	$\Delta x = (x - x_0)$	Δy^2	Δx^2	$\Delta y \times \Delta x$
	пост Даргавс (y_0)	ист. «Кауридон» (x_0)					
1	2	3	4	5	6	7	8
09.2009	6,75	0,196	-0,33	-0,031	0,1	0,001	0,01
10.2009	4,90	0,166	1,52	-0,001	2,3	0,000001	-0,0015
11.2009	2,90	0,144	3,52	0,021	12,4	0,00044	0,074
12.2009	2,00	0,131	4,42	0,034	19,5	0,001	0,15
01.2010	1,45	0,121	4,97	0,044	24,7	0,002	0,22
02.2010	1,57	0,124	4,85	0,041	23,5	0,0017	0,20
03.2010	1,55	0,132	4,87	0,033	37,7	0,001	0,16
04.2010	2,79	0,147	3,63	0,018	13,2	0,0003	0,065
05.2010	4,03	0,167	2,39	-0,002	5,7	0,000004	-0,005
06.2010	13,2	0,200	-6,78	-0,035	46,0	0,001	0,23
07.2010	18,8	0,241	-12,38	-0,076	153,2	0,006	0,94
08.2010	17,1	0,214	-10,68	-0,049	114,0	0,002	0,52
Сумма	77,04	1,983			452,3	0,016	2,56
Кол-во	12,0	12,0					
Среднее	6,42	0,165					

$$r = \frac{\Delta y \cdot \Delta x}{\sqrt{\Delta y^2 \cdot \Delta x^2}} = \frac{2,56}{\sqrt{452,3 \cdot 0,016}} = 0,95$$

$$\xi = \pm 0,674 \cdot \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} = \frac{1-0,95^2}{\sqrt{12}} = 0,02$$

Таким образом, коэффициент корреляции между источником «Кауридон», по которому производится подсчет запасов подземных вод, и рекой – аналогом р. Гизельдон (гидропост Даргавс) составляет 0,95, при вероятной ошибке 0,02 [Джгамдзе, 2011].

Величина минимального среднесуточного расхода р. Гизельдон 95% обеспеченности по многолетним (1931-2009 гг.) данным гидрологического поста Даргавс (Гизельдонский пост) составляет 0,42 м³/с.

Минимальный среднесуточный расход р. Гизельдон за период изучения источника «Кауридон» (2009-2010 гг.) падает на январь 2010 г и составляет 1,45 м³/с.

Минимальный среднесуточный расход каптированного выхода источника «Кауридон», зафиксированный в январе 2010 года, составил 0,120 м³/сек, или 10364 м³/сутки.

Минимальный среднесуточный расход каптированного выхода 95% обеспеченности определяется следующим образом:

– определяется доля (β) минимального среднесуточного расхода р. Гизельдон 95% обеспеченности от минимального среднесуточного расхода этой же реки за период одновременных замеров со сравниваемым родником:

$$\beta = \frac{Q_{\text{мин.ср.сут.95\% р.Гизельдон}}}{Q_{\text{мин.ср.сут.р.Гизельдон(2009-2010 гг.)}}} = \frac{0,42}{1,45} = 0,29$$

Величина β умножается на минимальный среднесуточный расход родника за тот же период одновременных наблюдений. По результатам режимных наблюдений по каптированному источнику установлено, что минимальный среднесуточный расход составил 120 л/с, или 10364 м³/сутки (15.01.2010 г.).

Минимальный среднесуточный расход каптированного выхода источника «Кауридон» 95% обеспеченности определяется по формуле:

$$Q_{95\%} = \beta \cdot Q_{\text{мин.ср.сут. (2009-2010 гг.)}} = 0,29 \times 10364 = 3006 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

Таким образом, среднесуточный дебит каптированного выхода источника «Кауридон», приведенный к расходу 95% обеспеченности, принимается в количестве 3006 м³/сут. Полученный расчетный дебит в 1,7 раза больше представляемых на государственную экспертизу эксплуатационных запасов – 1728 м³/сутки, что придает запасам большую надежность.

В связи с тем, что изученный участок недр по особенностям геологического строения и гидрогеологических условий относится к 3-ей группе сложности, запасы, подсчитанные по результатам проведенных геологоразведочных работ и предлагаемые на госэкспертизу, в количестве 1728 м³/сутки, относятся к категории С₁.

Выводы:

1. По результатам гидрогеологических исследований в высокогорной зоне РСО-Алания подсчитаны запасы пресных подземных вод по источнику «Каури-

дон», расположенного к югу от с. Старая Саниба, представляющего исток р. Кауридон – правого притока р. Геналдон. Согласно заключения Пятигорского ГНИИК курортологии, вода источника характеризуется как слабоминерализованная сульфатно-гидрокарбонатная кальциево-натриевая. По основным показателям макроионного и микрокомпонентного химического состава вода является близким аналогом минеральных природных столовых вод гидрокарбонатных натриево-магниевых и кальциевых и магниевых и магниевых-натриево-кальциевых, сульфатно-гидрокарбонатных натриевых, кальциевых, магниевых-кальциевых.

2. Подготовленность водозаборного участка к промышленному освоению, обеспечивается постановкой запасов воды источника «Кауридон» на государственный учет и строительством капитального каптажа. Каптаж сооружается таким образом, чтобы обеспечить полную изоляцию изливающихся подземных вод от внешних факторов и максимальный захват основных струй. Все это позволит иметь стабильный качественный состав подземных вод и режим функционирования источника, зависящий только от климатических факторов.

3. Подача воды на хозяйственно-питьевые нужды с. Старая Саниба и производственное водоснабжение предприятия по розливу в объеме лицензионного лимита может быть обеспечена с помощью основного водовода, в который дополнительно врезается водопровод на село. Контроль за расходом воды основными водопотребителями осуществляется на входе к каждому из них. Эксплуатация источника должна осуществляться при систематическом мониторинге эксплуатируемых подземных вод, выполняемом по соответствующей программе.

4. Проведенные гидрогеологические исследовательские работы способствуют расширить представления о подземных водах Горной Осетии, в целом, и рассматривать их как достаточно перспективные для хозяйственно-питьевого водоснабжения горных сел, а также, в виду высоких качественных показателей, для промышленного розлива.

Литература

1. Биндеман Н.Н., Язвин Л.С. «Оценка эксплуатационных запасов подземных вод». Недра, М., 1970.
2. Джгамадзе А.К. Отчет о результатах геологического изучения водозаборного участка, предоставленного ООО «Техноир, с подсчетом запасов пресных подземных вод по состоянию на 01.09.2011 г.», Фонды СКФ ФГУ «ТФИ по ЮФО», г. Владикавказ.
3. Лучшева А.А. Практическая гидрология, Гидропромтехиздат, Ленинград, 1976.
4. Ольховский Г.П., Тибилев В.С. «Отчет по теме: «Составление специализированной геологической основы масштаба 1:50000 для прогнозной металлогенической карты Горной Осетии», Фонды СКФ ФГУ «ТФИ по ЮФО», г. Владикавказ, 1998.
5. «Справочное руководство гидрогеолога», 2 том. Под редакцией Максимова В.М. Недра, Ленинград, 1979.

SPECIAL FEATURES OF THE FRESH UNDERGROUND WATER SUPPLIES ESTIMATION ACCORDING TO THE SOURCE KAURIDON (RSO-ALANIYA)

© 2014 A.K. Dzhgamadze

Center of Geophysical Investigation VSC RAS & RNO-A,
93a, Markov st., Vladikavkaz, 362002, Russia

Are examined The results of works on the fresh underground water supplies estimation on the basis of the Kauridon source. The output of source is mouth r. Kauridon – right tributary r. Genaldon is found in 2,8 km to the south from Old Saniba village of the Prigorodny disttict of RNO-Alaniya. The debit of source in the different periods of year varies from 120 to 243 l/s. The output of source is not equipped with capping device. Is created only the drainage basin, which makes it possible with the aid of the frame spillway to produce the measurements of the source debit. On the source in 2009-2010 yr. hydrogeological reconnaissance works were carried out. Their purpose was conducting hydrogeological studies in the cite depths for guaranteeing the household drinking needs of Old Saniba village (183,8 m³/day) and production water supply (industrial bottling) by subsoil user (OOO «Tekhnoir»), in a quantity of 1544,2 m³/day, with the calculation of the supplies of underground water. According to the results of works is produced reserves state examination and the supplies of fresh underground water by state commission for material wealth (GKZ «Of rosnedra») are affirmed in a quantity of 1728 m³/day.

The carried out works contribute to enlarge ideas about the underground waters of mountain Osetia, as a whole, and to consider them as sufficiently promising for the household drinking water supply of mountain villages, and also, in the form of high quality indicators, for industrial bottling.

Keywords: the reserves of underground drinking water, the category of C₁, the Kauridon source, river-analog, correlation, average-daily expenditure of 95% security.

УДК 550.34

ЗАВИСИМОСТЬ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ОТ СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА

© 2014 В.Б. Заалишвили

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

В работе рассмотрены вопросы зависимости спектральных характеристик сейсмических волн от строения верхней части разреза. Показано, что введение величины средневзвешенного периода колебаний грунтов значительно повышает качество дифференциации грунтов различного вида. Приведены результаты анализа полевых данных в виде соотношений для расчетов плотностей грунтов различных видов. Рассмотрена зависимость спектрального состава сейсмических волн от мощности, физико-механических свойств грунтов, слагающих грунтовую толщу, и гидрогеологических условий.

На основе анализа данных сделан вывод о высокой целесообразности использования при сейсмическом микрорайонировании мощных импульсных и вибрационных искусственных невзрывных источников. В работе использовались комплекс методов: полевые и численные (на физико-математических моделях) эксперименты, а также проведение экспериментов по анализу спектральных характеристик грунтов на лабораторных моделях.

Особое внимание было уделено исследованию показателей поглощения сейсмической энергии в различных видах грунтов. Показано, что использование расширенного типа показателей грунтов, в частности, за счет включения стандартных спектральных характеристик позволяет значительно повысить достоверность и надежность установления инженерно-геологического разреза грунтовой толщи и ее гидрогеологических условий.

Ключевые слова: грунты, спектры, анализ, сейсмограммы, активная зона, средневзвешенный период колебаний, плотность грунта, поглощение.

Грунтовая толща, состоящая из одного или нескольких слоев, обладает избирательностью, выделяя и усиливая колебания в определенной полосе частот. Причина избирательного усиления – интерференция многократно отраженных в слоях сейсмических волн и существование собственных колебаний слоев грунтов. Кроме того, амплитудно-частотный спектр колебаний на поверхности толщи зависит от спектрального состава подходящей волны, угла подхода, мощности толщи, физико-механических свойств грунтов, слагающих эту толщу и гидрогеологических условий.

1. Спектральный анализ сейсмограмм

Размеры и форма активной зоны объемного источника определяются плотностью и вязкостью грунтов, слагающих верхнюю часть грунтовой толщи, характеристикой направленности источника и т. д. Глубина активной зоны (зоны локализации остаточных деформаций) может быть рассчитана по приближенной формуле [Шнерсон, Майоров, 1980]:

$$h=3d_{ш} \quad (1)$$

где $d_{ш}$ – диаметр штампа (плиты).

Присоединенная масса грунта, который участвует в движении системы, является массой активной зоны. Учитывая, что у источника СИ-32 диаметр плиты состав-

ляет $d=1,0$ м и плотность грунта (суглинка) $\rho=1,8$ т/м³ рассчитаем присоединенную массу по формуле:

$$m_{np}=2,4\rho d^3 \quad (2)$$

Присоединенная масса грунта для данного случая составляет $m_{np}=4,3$ т. Для кувалды, при использовании диска диаметром $d=0,3$ м, присоединенная масса составляет $m_{np}=110$ кг. Источник большой мощности можно представить в виде сферы с вершиной в точке приложения силового воздействия. За пределами активной зоны будут наблюдаться исключительно упругие сейсмические волны.

Таким образом, чем мощнее источник, тем больший объем грунтового массива приводится в колебательное движение.

Для спектрального анализа сейсмограмм колебаний грунтов применена программа, составленная для разложения несинусоидального процесса в ряд [Дженкинс, Ваттс, 1971].

В связи с тем, что при исследованиях использовалась измерительная аппаратура с относительно малым усилением, необходимо было выяснить влияние длины отрезка исследуемой сейсмограммы на основные характеристики спектра. В качестве исходной использовалась сейсмограмма колебаний относительно рыхлого грунта (суглинка, г. Рустави, участок 2). (Исходная длительность сейсмограммы $t=0,65$ с; число точек отсчета $N=139$.) На рис. 1 приведены образцы спектров последовательно отрезаемой сейсмограммы (с конца записи). При этом число точек отсчета уменьшалось до $N=9$ равномерного шага оцифровки. Видно, что изрезанность спектральной характеристики сменяется более плавной огибающей частотных линий; уменьшается вес высокочастотной части спектра. Это указывает на то, что в последующую за основной волной часть записи приходят преломленно-отраженные волны с глубоко залегающих горизонтов, в виде высокочастотных колебаний малой амплитуды (из-за рассеяния на мелких неоднородностях). Хорошо видно, что если уменьшить используемую длину отрезка почти на 70%, то это практически не влияет на спектральный состав до гармоник $n=4$ (рис. 2).

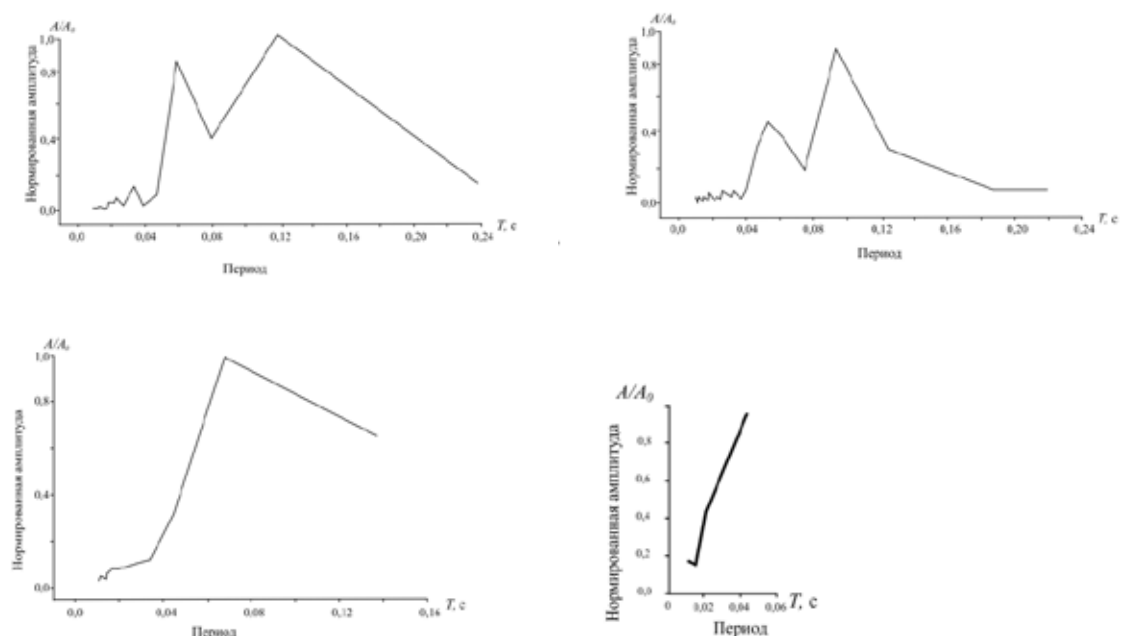


Рис. 1. Спектры отрезков сейсмограмм (число точек отсчета $N=139-85-29-9$)

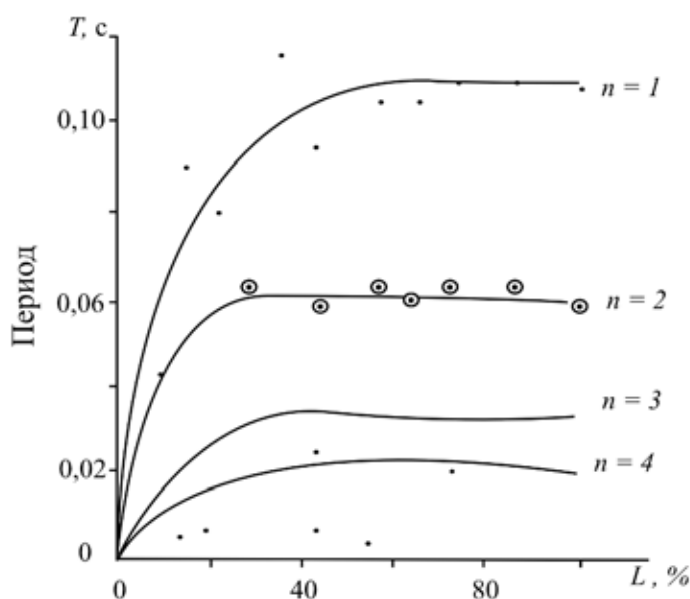


Рис. 2. Изменение максимальных периодов с уменьшением отрезка сейсмограммы

Это, очевидно, объясняется тем, что основная информация импульсного источника находится в первых 20-30% длины всей записи. В то же время, наблюдается более заметное уменьшение средневзвешенного периода. Исходя из этого, при построении спектров использовался весь отрезок сейсмограмм с видимыми амплитудами колебаний.

2. Средневзвешенное значение периода

Спектральный анализ сейсмограмм колебаний грунта, возбужденных мало-мощным источником, позволил установить, что для различных видов грунтов (например, заторфованных грунтов и галечников с песчано-глинистым заполнителем более 30%) наблюдаются близкие значения максимальных периодов (рис. 3а).

Это можно объяснить тем, что маломощные источники на участках, сложенных различными видами грунтов, возбуждают колебания в области, практически одинаковой по глубине (различие в величинах их активных зон незначительно). Кроме того, высокочастотные составляющие сигнала быстро затухают (в галечниках из-за рассеивания, в торфе – поглощения) и в точку наблюдения приходят упругие волны, близкие по значениям максимальных периодов.

Учитывая, что при СМР в основном используют максимальные значения периодов [Аракелян и др., 2008; Ершов, 1965; Заалишвили, Рогожин, 2011], отметим следующее: очевидно, более целесообразно использовать средневзвешенное значение периода (т.е. энергоемкость спектра или представительность), рассчитываемое по формуле:

$$T_{\text{св}} = \frac{\sum A_i T_i}{\sum A_i} \quad (3)$$

где A_i и T_i – амплитуда и соответствующий период спектра.

На рис. 3а. показано, что приращение значения средневзвешенного периода спектра относительно его максимального периода для торфа достаточно большая

величина (ΔT_1). Для галечника приращение (ΔT_2) меньше (рис. 3б). Отсюда, средневзвешенное значение периода можно использовать, как дополнительный показатель характеристики грунтов.

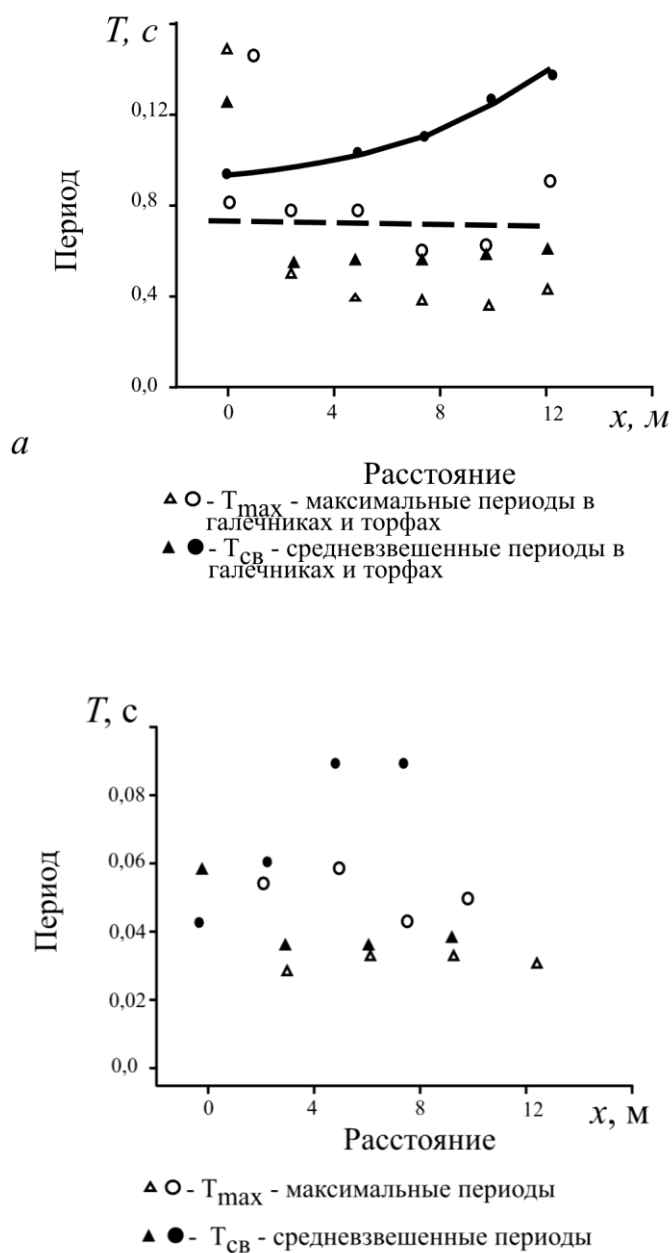


Рис. 3. Средневзвешенный период колебаний;
 а – галечники с песчаным заполнителем более 30% и торфы;
 б – галечники с песчаным заполнителем менее 30% и суглинки

Статистический анализ фактического материала, полученного на участках, сложенных грунтами различного вида, позволил получить кривую зависимости средневзвешенных значений периодов (для однотипного маломощного источника) от скорости распространения поперечных волн. Значения скоростей поперечных волн при этом непосредственно характеризуют физико-механические свойства указанных грунтов (рис. 4).

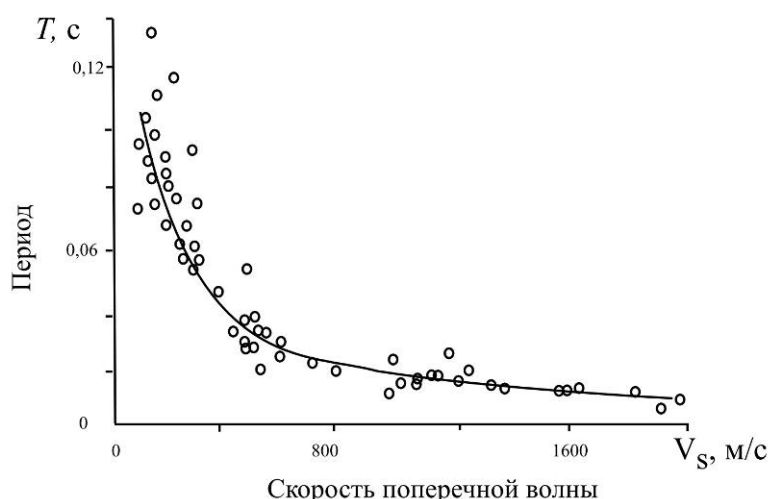


Рис. 4. Средневзвешенные периоды колебаний грунтов: зависимость средневзвешенных периодов от скорости распространения поперечных волн

Рассматриваемая кривая (рис. 4.) может быть аппроксимирована эмпирическим выражением:

$$T_{\text{ср}} = a + be^{-c/v_s}, \quad (4)$$

где $a = 0,016$; $b = 1,447$; $c = 1,245$.

Известна формула для расчета приращения интенсивности А.Б. Максимова [Максимов, 1969]:

$$\Delta I = 0,8 \frac{\rho_0 v_0 f_0^2}{\rho_i v_i f_i^2}, \quad (5)$$

где: $\rho_0 v_0$ – акустические жесткости сопоставляемых грунтов; f_0 – преобладающие частоты колебаний грунтов.

Учитывая полученную зависимость (4) и, внося приближение $a \approx 0$, получим:

$$\Delta I = \lg \frac{\rho_0 v_0}{\rho_i v_i} e^{2,5(\lg v_0 - \lg v_i)}, \quad (6)$$

Ранее нами были получено (рис. 5), что плотность песчано-глинистых и крупнообломочных грунтов можно с достаточной точностью рассчитать единой зависимостью [Заалишвили, 2009]:

$$\rho = 2,4v_s^{0,2}. \quad (7)$$

При этом плотность коренных пород (рис. 5) можно рассчитать по формуле:

$$\rho = 2,0v_s^{0,4}. \quad (8)$$

Это позволяет реализовать оценки плотности грунтов без проведения специальных инженерно-геологических изысканий.

Таким образом, при отсутствии данных о плотности ρ грунта с учетом зависимостей (7) и (8), формула для расчета приращения интенсивности примет вид [Заалишвили, 2009]:

$$\Delta I = \lg \frac{a_0 v_0^{1+n_0}}{a_1 v_1^{1+n_1}} e^{2,5(\lg v_0 - \lg v_1)}, \quad (9)$$

где a_{01} – коэффициенты, равные 2,4 для песчано-глинистых и крупнообломочных грунтов и 2,0 – для коренных пород; n_{01} – показатель степени, равный 0,2 для песчано-глинистых и крупнообломочных грунтов; и 0,4 – для коренных пород.

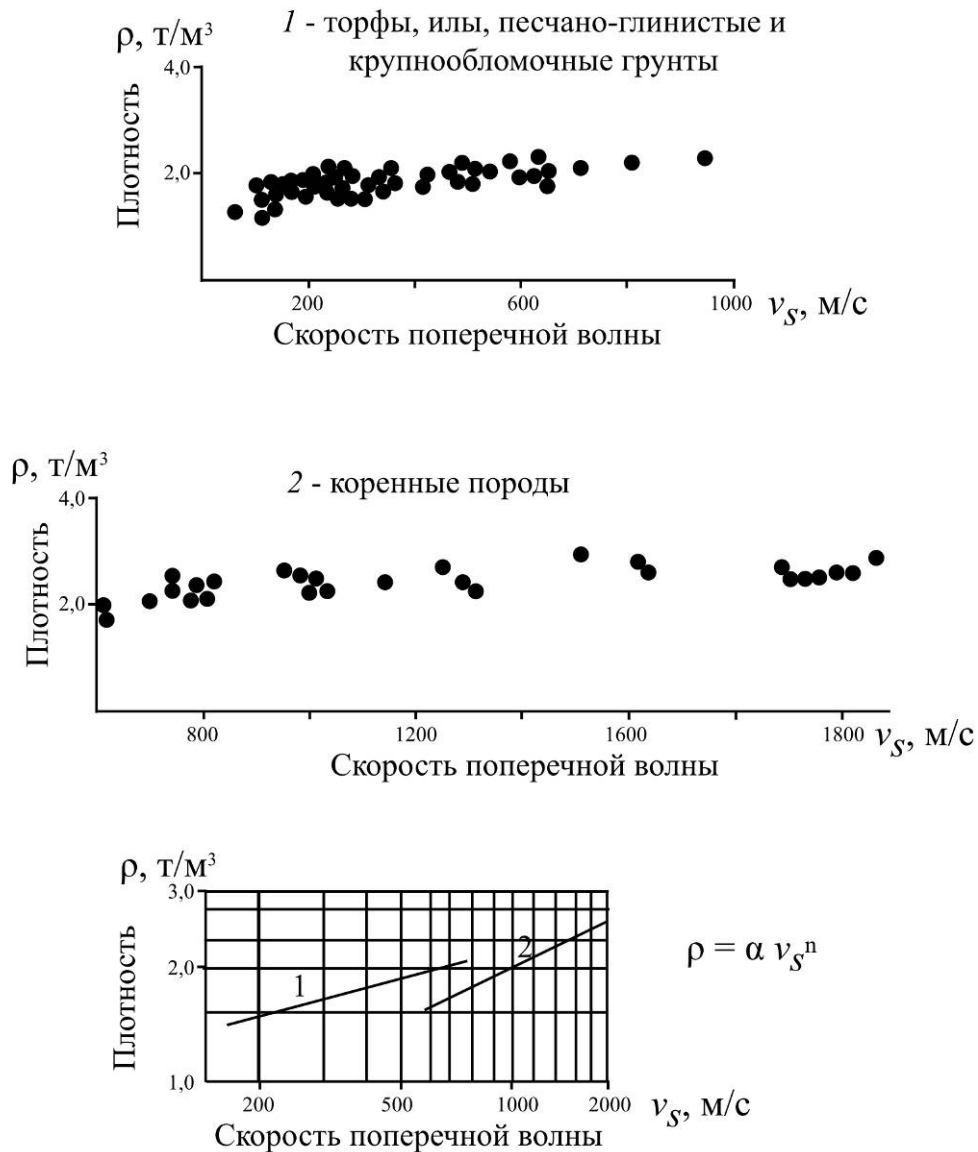


Рис. 5. Зависимость плотности грунтов от скорости поперечной волны в них

Таким образом, получена формула для расчета приращения интенсивности при использовании маломощных источников, где учтены одновременно три характеристики грунта. И при этом, для расчетов необходимо, практически, определить значение только одной величины, а именно: скорости распространения поперечной волны. Это позволяет в случае надобности получать оперативную и в то же время вполне физически обоснованную информацию о свойствах исследуемых грунтов.

Анализ данных использования мощного импульсного источника СИ-32 [Заалишвили, 1983] позволил получить характер изменения средневзвешенных периодов колебаний с расстоянием в зависимости от вида и мощности грунтов. Хорошо видно, что каждый вид грунта занимает определенную область периодов. При этом

глинистые грунты в связи с большим разбросом их мощностей характеризуются соответствующим разбросом периодов (рис. 6).

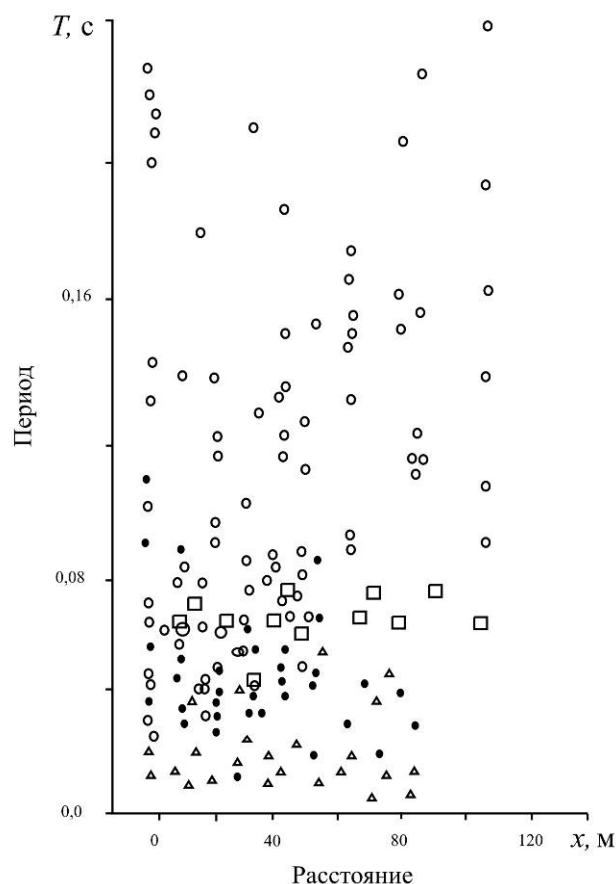


Рис. 6. Изменение средневзвешенных периодов колебаний с расстоянием в зависимости от вида и мощности грунтов

Анализ изменения средневзвешенных значений периодов показал, что при мощности поверхностного слоя грунта $H \leq \lambda/4$ (λ – длина волны) вид подстилающего слоя влияет на частотную характеристику сейсмических волн при наземных наблюдениях. Так, если подстилающий слой сложен плотными грунтами (известняками, конгломератом и т. д.), то с удалением точки наблюдения от источника периоды сейсмических волн уменьшаются. При относительно рыхлом виде грунта, составляющего подстилающий слой (илы, торф, рыхлые суглинки и т. д.), периоды увеличиваются. Очевидно, это объясняется тем, что с удалением от источника на получаемых сейсмограммах в область первых вступлений выходят преломленные сейсмические волны, частотно-модулированные нижележащими слоями. Можно заметить, что каждый вид грунта характеризуется определенной областью значений периодов. Аппроксимируя их прямыми, получим т. н. «частотные уровни» (рис. 7) для различных видов грунтов (для однотипного источника). Отметим, что для источников малой интенсивности мощность грунтов практически не влияет на значения средневзвешенных периодов.

Анализ значений средневзвешенных периодов колебаний грунтовой толщи, возбужденных мощными невзрывными источниками показывает, что:

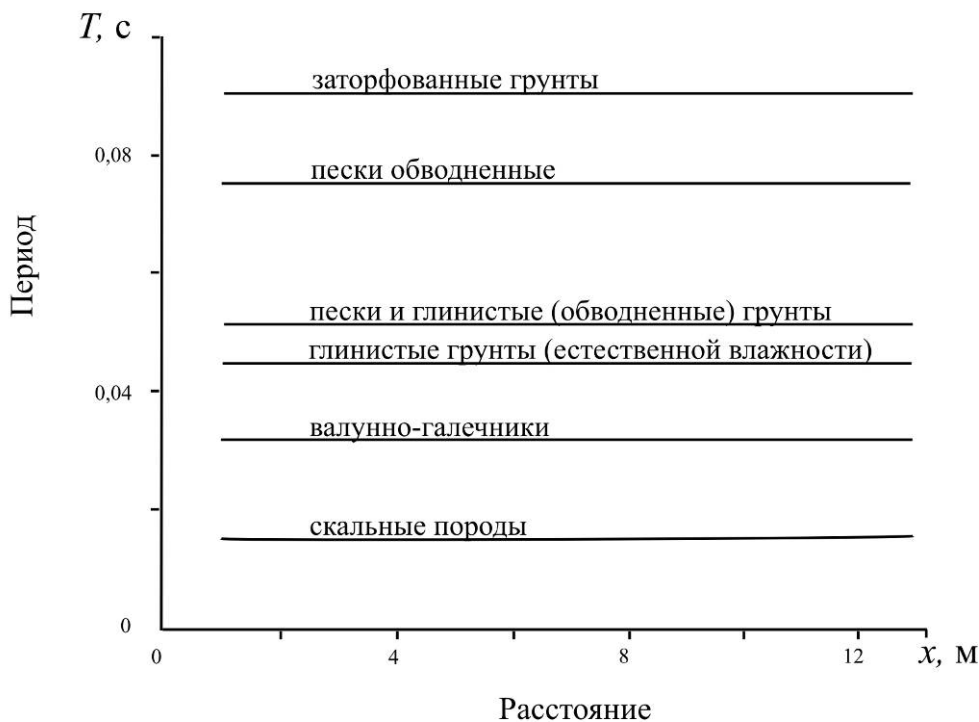


Рис. 7. Экспериментальные значения периодов колебаний грунтов, возбужденных стандартным источником – «частотные уровни»

- каждый вид грунта одинаковой мощности характеризуется определенным уровнем средневзвешенного периода ($T_{св}$);
- значения $T_{св}$ изменяются в зависимости от мощности и вида грунта;
- наличие рыхлого почвенного слоя (пашня и т. д.) вызывает наличие больших значений $T_{св}$ в непосредственной близости от источника колебаний грунта;
- на расстоянии порядка 30-40 м от источника значения $T_{св}$ приближаются к значениям $T_{пр}$ для мощности толщи 8-10 м ($T_{пр} = 4H/v_s$);
- с расстоянием для грунтов большой мощности ($H > 10$ м) на расстоянии более 40 м наблюдается скачкообразное увеличение $T_{св}$, приближающееся к соответствующим $T_{пр}$; причем для грунтов (мощностью $H \approx 8-10$ м) увеличение $T_{св}$ с расстоянием более 30-40 м мало.

Таким образом, исследование средневзвешенных периодов позволяет изучать как физико-механические свойства грунтов, так и их резонансные свойства, определяемые равенством средневзвешенных и преобладающих периодов колебаний.

3. Зависимость спектрального состава сейсмических волн от мощности, физико-механических свойств грунтов, слагающих грунтовую толщу, и гидрогеологических условий

Спектр колебаний в пункте наблюдения $S_i(f)$ связан со спектром колебаний в приходящей волне $S_0(f)$ соотношением $S_i(f) = S_0(f) K_i(f)$ [Миндель и др., 1979]. Таким образом, частотная характеристика среды в i -м пункте наблюдения определяется, если известны спектры колебаний на поверхности среды $S_i(f)$ и, в подстилающем рыхлую среду, скальном основании $S_0(f)$. На практике амплитудно-частотные характери-

ки грунтов исследуемого участка рассчитывают, непосредственно относя спектры их колебаний к спектрам колебаний грунтов эталонного участка. Это позволяет изучать особенности процесса любого движения [Заалишвили, Невская, 2004; Заалишвили и др., 2005]. Эталонный участок, при этом, сложен коренными породами, которые выходят на поверхность [Миндель и др., 1979; Рекомендации..., 1985].

Прежде всего, рассмотрим спектр колебаний в пункте наблюдения. Анализ спектральных особенностей волн, возбужденных на поверхности грунтовой толщи показывает, что вид спектральной огибающей периодов и их значения находятся в прямой связи с видом и мощностью грунтов, слагающих толщу.

Так, при использовании маломощного источника (удар кувалдой) в зависимости от вида грунта изменяется ширина спектра и конкретное значение периода. При переходе наблюдения от скальных грунтов к заторфованным грунтам ширина спектра увеличивается в 6 раз (рис. 8).

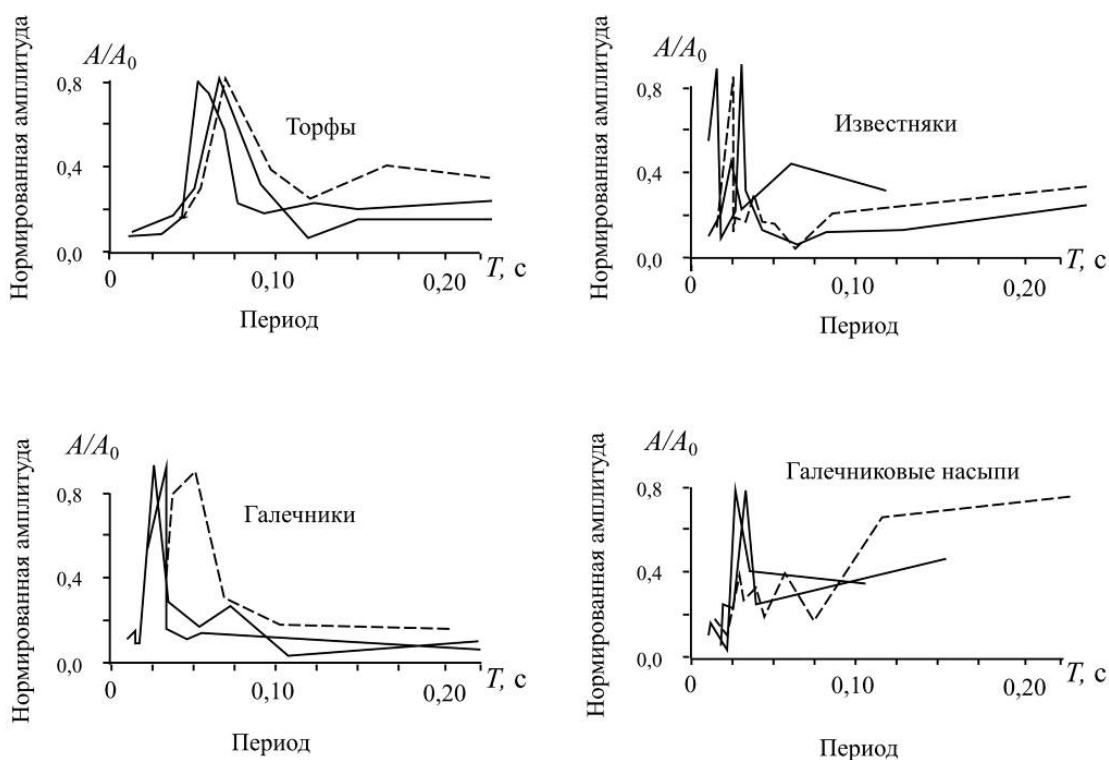


Рис. 8. Спектры колебаний, возбужденных маломощным источником

Отметим, что в работе А. Л. Левшина приводятся данные о различии спектров колебаний галечников и песков, соответствующие полученным данным [Левшин, 1961]. Даже если грунт находится под слоем почти трехметровой насыпи, вид спектра в области максимума практически не изменяется.

Отметим, что форма спектра при использовании маломощного источника имеет в основном вид равнобедренного треугольника для любого вида грунта, причем хорошо видно, что с удалением от источника (1–4), спектры, как правило, смещаются в высокочастотную область, не изменяя площади занимаемой спектром. Учитывая, что расстояния стандартны, можно оценивать приращения интенсивности описываемых грунтов по площади занимаемой их спектральными характеристиками, а также оценивать поглощение сейсмических волн в грунтах.

При анализе спектров колебаний обводненных грунтов, возбужденных мало-мощным источником, установлено, что значения максимальных периодов непосредственно связаны с глубиной стояния грунтовых вод. В данном виде грунта, например, глинистом, по мере увеличения глубины стояния грунтовых вод увеличивается период колебаний толщи. Сопоставляя колебания от различных источников, можно видеть, что уровень амплитудного спектра колебаний, вызванных мощным импульсным источником, значительно превосходит спектр колебаний, вызванных ударом кувалдой (рис. 9).

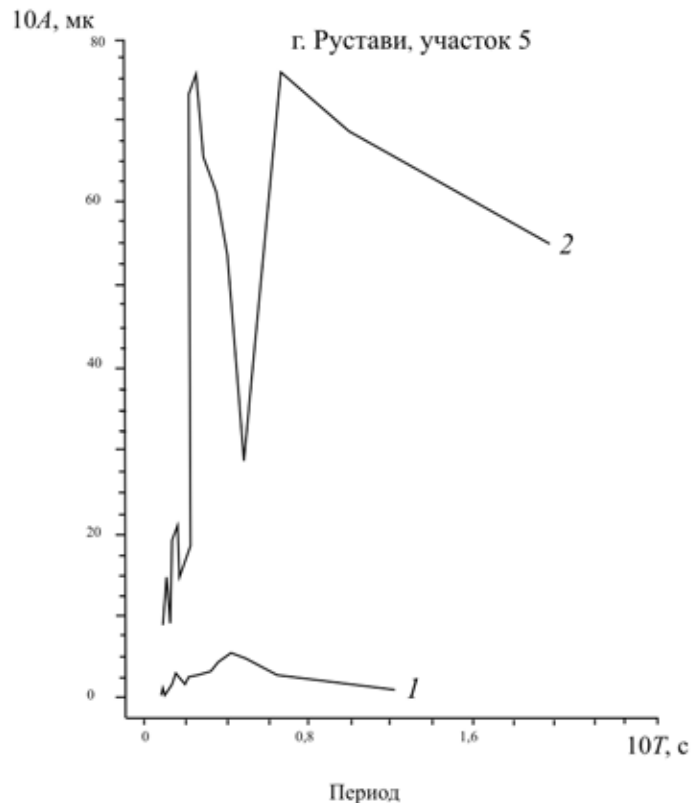


Рис. 9. Спектр колебаний на участке 5, г. Рустави:
1 – удар кувалдой (вертикальный);
2 – удар мощным импульсным источником СИ-32

При анализе спектров колебаний грунтовой толщи, возбужденных невзрывными источниками большой мощности (СИ-32), установлено, что спектральная характеристика колебаний грунтовой толщи и здесь – устойчивая величина (рис. 10). Это справедливо, как при распространении колебаний с расстоянием при фиксированном источнике, так и при фиксированных точках наблюдения с изменением местоположения источника (встречная система наблюдения) с противоположным (обратным) расположением источника. Указанные особенности справедливы и для вибрационных источников СВ-10/100.

Спектральный состав изучаемых колебаний представлял собой монохроматический $f = 10$ Гц сигнал, а также «свип» – сигнал с полосой излучения $f_H - f_K = 5-30$ Гц. При монохроматическом сигнале источника генерируемых колебаний в толще глинистых грунтов (чередование суглинков и глин) сейсмограмма представляет собой запись гармонических (точнее пилообразных) колебаний с частотой $f = 10$ Гц. В

этом случае грунты ведут себя, как системы с одной степенью свободы. Исключение представляют собой начальная и конечная части записи, связанные с переходным явлением воздействия. Длительность времени посылки сигнала при этом совпадает с длительностью вынужденных колебаний в области, непосредственно примыкающей к источнику. С удалением от источника сигнал расплывается из-за явления дисперсии, и общая длительность сигнала незначительно увеличивается.

При аналогичном возбуждении колебаний в сложно составленной толще (чередование тонкослоистых суглинков и выветрелых коренных пород различного вида) на соответствующей сейсмограмме появляются высокочастотные наложения, обусловленные частотными особенностями подстилающих грунтов. Следует отметить, что эти наложения с расстоянием сильно поглощаются и практически исчезают. Гармонические колебания с частотой $f = 10$ Гц, тем не менее, проявляются по всем трассам сейсмограммы достаточно уверенно. Это позволяет непосредственно сопоставлять амплитуды гармонических колебаний, чтобы в последующем рассчитывать приращения балльности участков, сложенных различными грунтами.

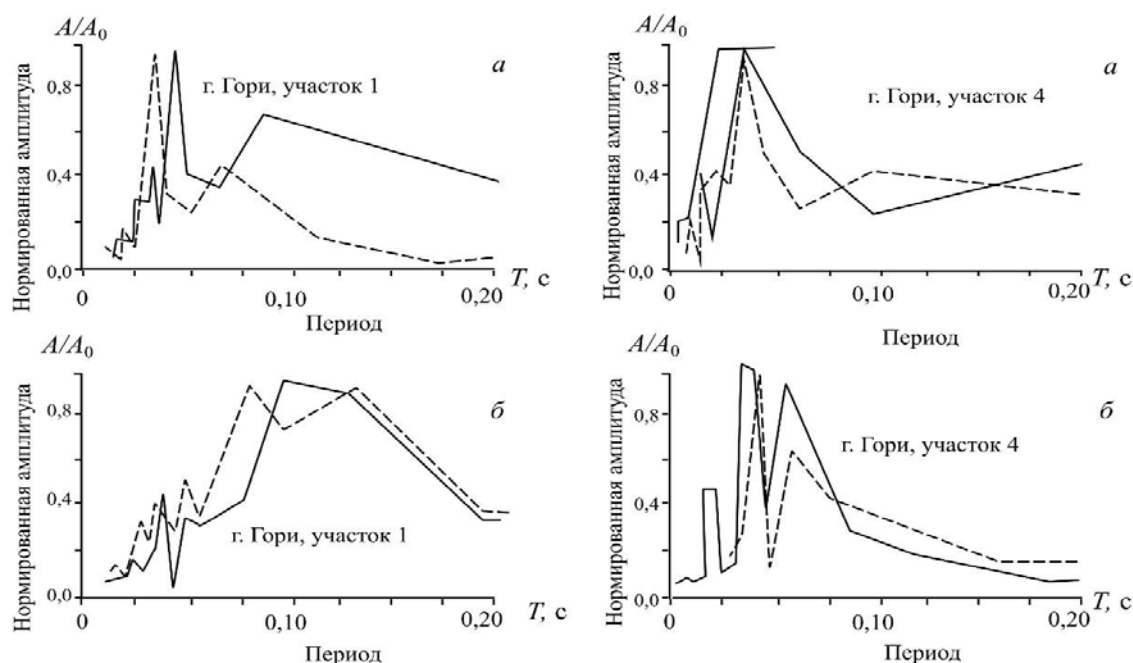


Рис. 10. Спектры колебаний грунта, вызванных мощным импульсным источником СИ-32: а – ближняя зона; б – дальняя зона

Отметим, что при вибрационном воздействии влияние приповерхностного слоя непосредственно рядом с источником ослабевает. Это объясняется тем, что остаточные, пластические деформации в ближней зоне вибрационного источника (в отличие от импульсных) значительно меньше. При этом в соответствующих областях наблюдаются частоты, которые генератором не задавались. Так, при посылке «сви́п» – сигнала с параметрами $\Delta f = 5-30$ Гц на сейсмограммах глинистых грунтов появляются колебания с частотами 1-3 Гц и на скальных колебания с частотой 40-80 Гц, соответственно. Как отмечалось ранее, длительность исходного сигнала составляла $t = 2,0$ с. Отметим, что длительность колебаний в грунтах при этом составляла $t = 2,0$ с. Наблюдалось незначительное уменьшение длительности в скальных неветрелых грунтах (2%) и увеличение – в глинистой рыхлой толще (5%).

Таким образом, различие в продолжительности реакции в различных видах грунтов от исходного сигнала не превышает 3%. С удалением от источника искажение продолжительности сигнала возрастает и на расстоянии уже 20 м достигает 8%.

Анализ спектров сейсмограмм, возбужденных вибрационными источниками, показывает картину, аналогичную спектрам сейсмограмм колебаний грунтов, возбужденных мощными импульсными источниками. Для мощной толщи глинистых отложений спектральные кривые (точнее подспектральная область) более представительны, а для глинистых, тонкослоистых грунтов, подстилаемых коренными породами, спектральные кривые более изрезаны и их представительность меньше (рис. 11).

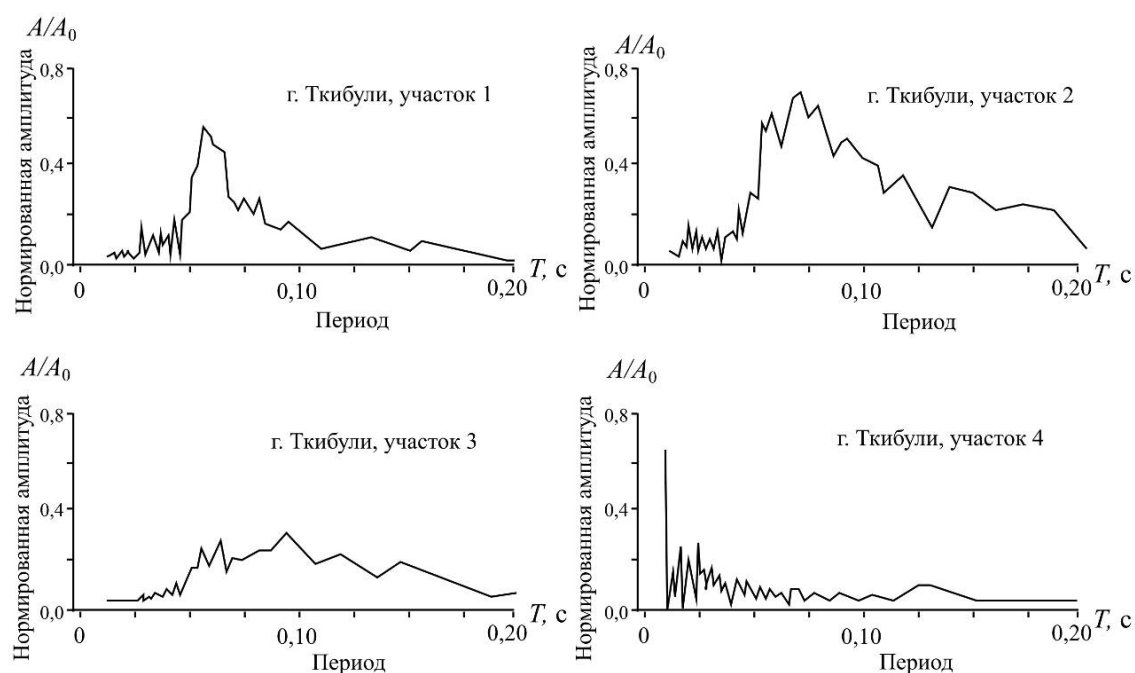


Рис. 11. Спектры колебаний возбужденных мощным вибратором СВ-10/100

Таким образом, площадь спектральной кривой непосредственно связана с физико-механическими и, следовательно, с сейсмическими свойствами грунтов, слагающих толщу. Применение вибрационных источников позволяет исследовать составляющие спектров на периодах 1-1,5 с. Увеличение длительности посылки сигналов увеличивает границы исследования частотных особенностей грунтов.

Таким образом, каждый вид источника обладает определенными особенностями воздействия. Учет подобных показателей позволит при СМР использовать тот или иной вид источника в зависимости от условий работы или детальности получения необходимых данных.

При анализе данных, полученных с помощью маломощного источника, установлено, что геометрические размеры грунтовой толщи влияют на спектральный состав возбуждаемых колебаний незначительно. Каждый вид грунта при стандартном наблюдении характеризуется определенным видом спектральной кривой и средневзвешенным значением периодов. Совокупность различных видов грунтов обуславливает существование их частотных уровней. Чем хуже грунт по своим сейсмическим свойствам, тем выше средневзвешенное значение периодов его ко-

лебаний. Это различие достигает больших значений, чем изменение соответствующих максимальных периодов.

Если грунт подстилается плотными грунтами, то его средневзвешенный период колебаний с расстоянием уменьшается, а если рыхлыми – увеличивается. Спектральная кривая в области максимальных значений амплитуд имеет треугольную форму, с расстоянием (0-20 м) мало изменяющуюся. С ухудшением сейсмических свойств грунтов ширина соответствующего спектра увеличивается. Спектральная характеристика грунта – устойчивая величина для каждого его вида. Так, при перекрытии естественной насыпью ($h=2,5$ м) спектральная характеристика (в области максимальных значений) исследуемого грунта практически сохраняется неизменной. Влияние насыпи выражается лишь добавлением в спектр колебаний длиннопериодной, представительной (по площади) области. С удалением от источника, когда деформации грунта, в основном, упругие, спектр колебаний определяется всем объемом грунта и влияние приповерхностного слоя ослабевает. Насыпной грунт практически повторяет движение подстилающего грунта и вид спектральной кривой в ее основной части аналогичен колебаниям грунта без насыпи. Влияние насыпи при этом выражается в незначительном увеличении амплитудного уровня колебаний. Это явление может быть использовано, чтобы уточнять вид и мощность грунтов на исследуемых участках. Когда подстилающие грунты рыхлые, с расстоянием спектральная кривая становится представительной и основной максимум смещается в низкочастотную область.

Уменьшение глубины стояния грунтовых вод вызывает смещение спектральной характеристики в высокочастотную область и увеличение амплитудного уровня почти в два раза при изменении глубины стояния воды от восьми до двух метров.

Анализом колебаний (грунтов), вызванных мощными невзрывными источниками, установлено, что спектральная характеристика колебаний в пределах типичного участка с определенными инженерно-геологическими условиями обладает устойчивостью как при перемещении наблюдательного пункта, так и при перемещении самого источника. При больших углах наклона границ, что для исследуемой глубины наблюдается редко, амплитуда может значительно изменяться, но форма спектральной кривой сохраняется. В случае тонкослоистых, сложно составленных грунтов могут наблюдаться общие колебания толщи как целого, что с расстоянием выполаживает вид спектральной кривой. Продольное профилирование с встречными системами наблюдений дает возможность выявить резкое изменение вида спектральной кривой.

Вид спектра колебаний, вызванных мощным источником, непосредственно связан с мощностью поверхностного слоя толщи и, чем больше мощность грунта, тем больше площадь подспектральной области. При сравнении колебаний грунтов одной мощности, наблюдается распределение спектров в различных частотных областях спектра в зависимости от вида исследуемого грунта. Наличие рыхлого приповерхностного слоя в случае импульсного источника вызывает увеличение низкочастотных составляющих спектра в непосредственной близости от зоны воздействия. С удалением от источника его влияние ослабевает и вид спектральной кривой, практически, определяется особенностями инженерно-геологического строения, физико-механических свойств и гидрогеологических условий толщи в целом.

Средневзвешенные периоды практически являются преобладающими периодами колебаний толщи соответствующей мощности. Для рыхлых грунтов на рассто-

янии 30-40 м они совпадают с преобладающими периодами ($T_{пр} = 4H/v_s$) для мощности грунта $H \approx 8-10$ м и соответствующей скорости распространения поперечной волны. С дальнейшим удалением от источника значения средневзвешенных периодов колебаний для указанных мощностей толщи незначительно увеличиваются (на расстоянии до 100 м). Для рыхлой толщи мощностью $H = 15-20$ м средневзвешенные периоды близки к соответствующим преобладающим периодам с расстояния 30-40 м, а с удалением на 80-100 м совпадают с ними. Это объясняется тем, что с расстоянием волны охватывают все больший объем толщи.

Сопоставление результатов применения невзрывных источников, как импульсного, так и вибрационного действия позволило установить следующее.

Несмотря на то, что при использовании импульсных источников мы практически наблюдаем собственные затухающие колебания толщи, а при использовании вибрационных источников – вынужденные, реакция грунтовой толщи на стандартный сигнал сходна.

Для рыхлой толщи глинистых грунтов подспектральная область колебаний, возбуждаемых обоими видами источников, значительно превосходит подспектральную область колебаний плотной толщи. Влияние приповерхностного тонкого слоя при использовании вибрационного источника в указанном частотном диапазоне незначительно и в ближней зоне воздействия. Аналогичность конечных результатов применения обоих видов источников – основание для обобщения полученных ими данных, и повышает обоснованность результатов.

Таким образом, можно сделать вывод о высокой целесообразности использования при СМР мощных импульсных и вибрационных искусственных невзрывных источников.

3.1. Исследование спектральных характеристик грунтов на моделях

Наиболее полную информацию о поведении исследуемого объекта при различного вида внешних воздействиях можно получить при натурных экспериментальных исследованиях. Но при таких исследованиях, практически, невозможно изменять какие-либо параметры натурального объекта: изменение инженерно-геологического строения толщи, гидрогеологических условий и т. п. Кроме того, увеличение, например, силового воздействия также связано с определенными техническими трудностями и экономическими затратами. Существует различного вида моделирование: наглядное; символическое (знаковое); математическое мысленное; натурное; физическое и аналого-цифровое моделирование [Аракелян и др., 2008; Веников, 1976].

Для наших целей более всего подходит физическое моделирование, характеризуемое прежде всего тем, что исследования проводят на установках, обладающих физическим подобием, т. е. сохраняющих полностью (или хотя бы в основном) природу явлений. При этом по характеристикам модели можно получить все характеристики оригинала пересчетом с помощью масштабных коэффициентов.

Основная цель моделирования – исследовать спектральные особенности колебаний грунтовой толщи, сложенной различного вида грунтами.

В качестве оригиналов были выбраны инженерно-геологические разрезы двух типичных участков территории г. Рустави, на которых при СМР, колебания возбуждали мощным импульсным источником. В моделях использовали соответствующие

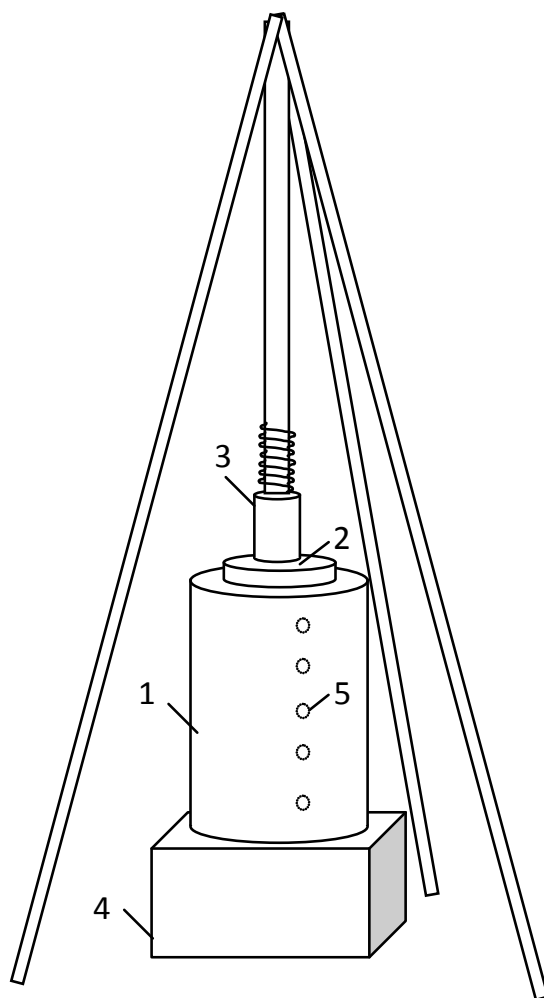


Рис. 12. Исследование спектров колебаний на моделях: оборудование эксперимента. Ударный вибростенд: 1 – цилиндрический шаблон; 2 – диск; 3 – ударник; 4 – постамент; 5 – датчики

грунты участков, т. е. имели простое подобие, что существенно упрощает задачу. Соотношения подобия для такой модели при любом сложном напряженном состоянии будут автоматически выдерживаться, поскольку для модели и оригинала связь между напряжениями и деформациями тождественна в сходственных точках ($\sigma_m = \sigma$, $\varepsilon_m = \varepsilon$) и все параметры зависят лишь от масштабного коэффициента ζ [Веников, 1976].

Чтобы исключить влияние формы модели на конечные результаты и достичь равномерного динамического воздействия, использовали цилиндрическую форму. Система слоев грунтов, слагающих толщу, малоустойчива, и чтобы придать модели определенную форму, модель составлялась в специальном цилиндрическом шаблоне. Основание шаблона находилось в жесткой связи с бетонным постаментом. Чтобы исключить влияние отраженных волн от боковых стенок шаблона, стенки покрывали тонким фигурным поролоном. Мощности слоев грунтов и величину динамического воздействия избирали, учитывая размеры шаблона и масштабный коэффициент. Датчики давления располагали на соответствующих слоях грунтов модели. Воздействие осуществляли с помощью специального ударного вибростенда (рис. 12).

Чтобы уменьшить местные пластические деформации, удар производили по металлическому диску (рис. 12). Грунты отбирали в местах проведения натурных исследований. Схемы составления физических моделей производились с учетом масштабного коэффициента и реальных разрезов прототипов конкретных участков (рис. 13). Спектральные характеристики рассчитывали из полученных сейсмограмм (рис. 14). Анализом экспериментального материала установлено следующее:



Рис. 13. Исследование спектров колебаний на моделях:
Схемы составления моделей толщи

- вид спектральной характеристики (рис. 14) находится в непосредственной зависимости от мощности рыхлого однородного слоя; чем больше мощность, тем больше подспектральная область;
- с увеличением силы воздействия спектр смещается в низкочастотную область;
- каждый вид грунта характеризуется определенной спектральной характеристикой колебаний;
- спектральная характеристика колебаний устойчива с глубиной;
- вид спектральных кривых колебаний модели аналогичен спектрам натурных наблюдений на соответствующих прототипах моделей.

На основе приведенных данных можно сделать заключение о перспективности исследований на моделях. Вариация инженерно-геологического строения места приложения нагрузки и ее величины позволяет решать многие задачи динамики грунтов.

3.2. Использование численного метода для расчета спектра колебаний грунтовой толщи

Для исследования факторов, определяющих вид спектральной характеристики колебаний грунтов, вызванных мощным невзрывным источником, представляет интерес построить теоретическую сейсмограмму и получить ее спектральное разложение на основе инженерно-геологических и инструментальных данных (литологического разреза толщи; скоростей сейсмических волн и т. д.).

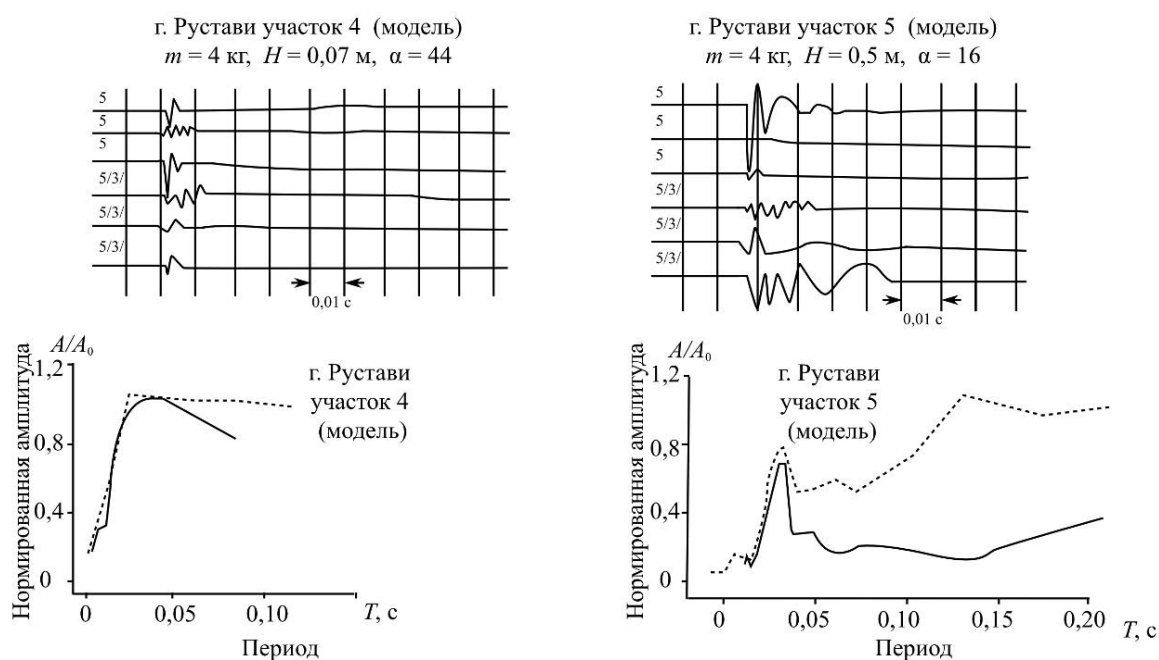


Рис. 14. Сейсмограммы колебаний грунтов и соответствующие спектральные характеристики

С этой целью с помощью программы численного решения прямой и обратной задачи инженерной сейсмологии, применяя многократно отраженные плоские волны [Напетваридзе, 1973; Напетваридзе, Одишария, 1976; Джабаури, 1979; Заалишвили, 2009], сейсмограмму колебаний грунта, зарегистрированную на поверхности типичного участка территории г. Рустави (рис. 15а) пересчитали на подстилающую коренную (скальную) породу.

Далее, вычисленную сейсмограмму для коренной породы пересчитывали на поверхность типичного участка территории г. Гори (рис. 15б). В качестве исходных данных задавали мощность слоев, плотности грунтов и скорости распространения поперечных волн, полученные экспериментально в данных конкретных грунтовых разрезах. Спектр вычисленной сейсмограммы практически аналогичен амплитудно-частотной характеристике разреза, полученной экспериментально (рис. 16). Отметим, что преобладающие инженерно-геологические условия с поверхности толщи для сопоставляемых участков (гг. Рустави, Гори) практически идентичны, а сами спектры колебаний существенно разнятся. Это, очевидно, обусловлено влиянием подстилающих видов грунтов. Соответствие расчетных и экспериментальных спектров колебаний наблюдалось и при вводе сейсмограмм колебаний скальных грунтов в основание толщи, сложенной галечниками ($H = 14,2$ м).

Анализируя полученный материал, можно сделать следующие выводы. Установлено соответствие расчетного спектра и амплитудно-частотной характеристики грунтовой толщи. Это подтверждает обоснованность исходных данных, в частности, составления скоростного разреза толщи. Несмотря на то, что результаты расчетов практически аналогичны экспериментальным данным, тем не менее, ценность экспериментального наблюдения на конкретном участке в условиях естественного залегания грунтов несомненна. Для сложно составленных толщ наблюдаются значительные различия.

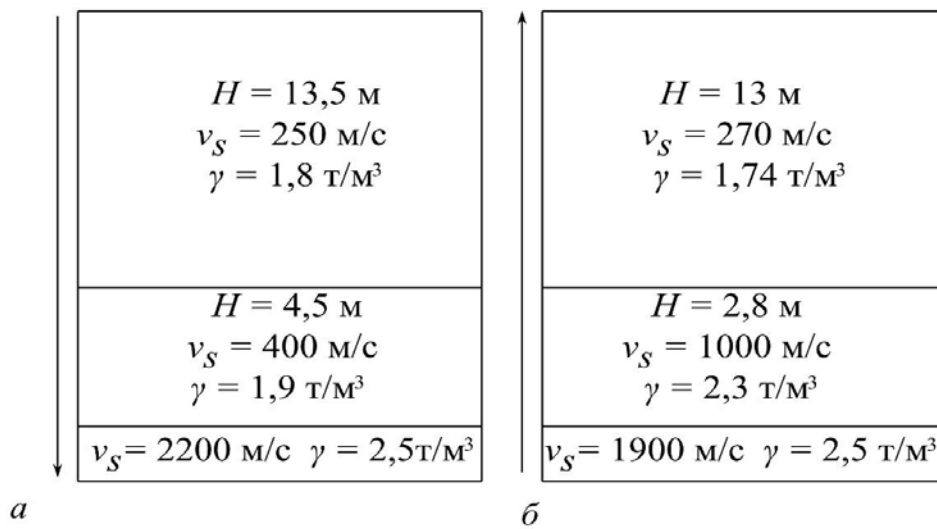


Рис. 15. Построение расчетного спектра колебаний: а – инженерно-геологический и скоростной разрезы толщи сейсмограммы; б – инженерно-геологический и скоростной разрезы толщи расчетной сейсмограммы

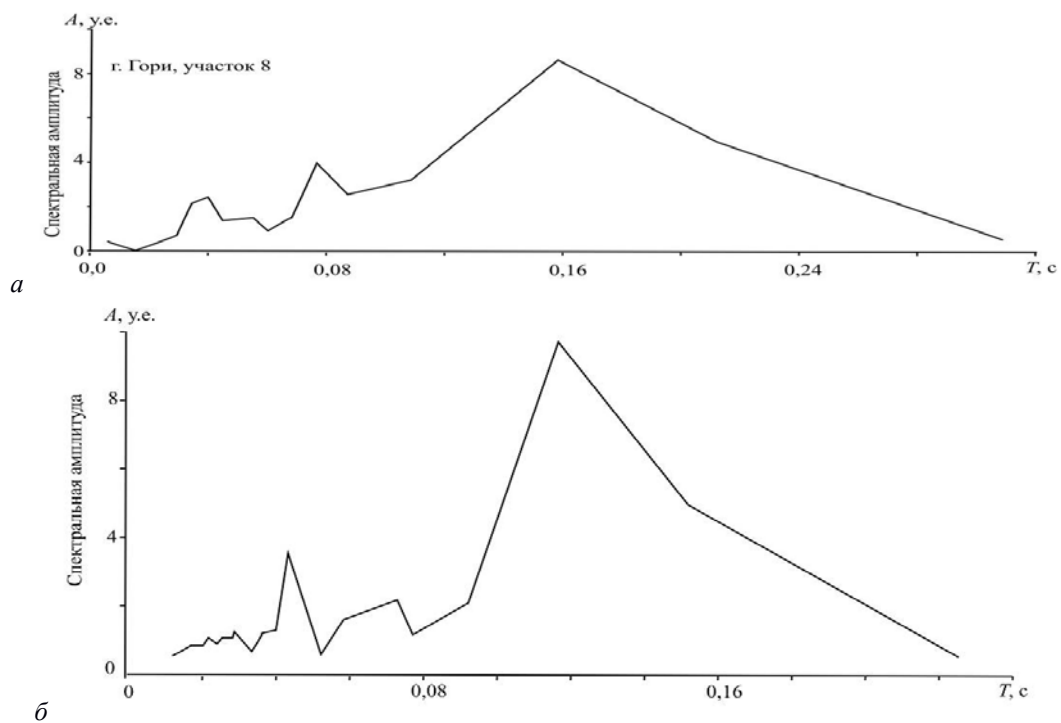


Рис. 16. Спектры колебаний на поверхности толщи: а – экспериментальный спектр; б – расчетный спектр

При анализе экспериментальных данных появляется возможность учитывать не только свойства разреза толщи, но и различные включения, осложнения грунтовых условий, негоризонтальность границ, уточнение вида грунта, его основные сейсмические характеристики и т. д. Но самое главное – исходные данные расчетного метода определяются именно экспериментально. Желательно, очевидно, сравнивать спектры, возбужденные мощным невзрывным источником, с расчетным спектром землетрясения. В зависимости от эпицентрального расстояния, угла подхода волн,

их затухания полученные экспериментальные спектры могут быть использованы для изучения свойств реального сейсмического излучателя, его очага и т. д.

4. Энергия сейсмических волн, возбуждаемых невзрывным источником. Поглощение сейсмических волн

Значительная часть энергии невзрывного источника выделяется в виде сейсмических волн. Оценим полную энергию воздействия мощного импульсного источника [Гурвич, Боганик, 1980; Коган, 1967], которая составит удвоенную величину кинетической энергии:

$$E = E_k + E_n = 2E_k \quad (10)$$

Учитывая, что масса активной части импульсного источника (СИ-32) $m=553$ кг и скорость воздействия $v \approx 13$ м/с, рассчитаем кинетическую энергию источника:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \approx 50 \text{ кДж.} \quad (11)$$

Энергия источника, излучаемая в виде сейсмических волн, может быть оценена через спектр возбуждаемых колебаний. Общее количество энергии, протекшее за единицу времени, т. е. плотность энергии, составляет:

$$\varepsilon = 2\pi^2 \rho \int_0^t v_s \left(\frac{A}{T} \right)^2 dt, \quad (12)$$

где: ρ – плотность среды; v_s – скорость поперечной волны; A – амплитуда волны; T – период колебаний.

В связи с тем, что смещение – сложная функция времени, заменим для упрощения интегрирование суммированием, разбивая запись на группы. В пределах группы имеем синусоидальное колебание с постоянными амплитудой и периодом. Тогда получим:

$$\varepsilon = 2\pi\rho v_s \sum (A_i / T_i) \Delta t_i. \quad (13)$$

Полный вектор амплитуды $A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$.

Если представим источник в виде сферы, то энергию источника можно рассчитать по формуле:

$$E = 2\pi R^2 \varepsilon, \quad (14)$$

где R – расстояние от источника.

Рассчитаем энергию волны по полному спектру колебаний на участке, сложенном мощными рыхлыми грунтами ($H = 14$ м) на расстоянии $R = 2,5$ м от источника. Фрагмент спектра представлен на рис. 17а. Полная длительность колебаний достигает $t = 0,63$ с (кривая 1). Вся энергия достигает значения $E = 27300$ Дж, что составляет 55% от возбуждаемой энергии в точке воздействия. Для скальной породы (фрагмент спектра на рис. 16в) энергия достигает $E = 35400$ Дж, т. е. до 70% всей энергии переходит на скальной породе в энергию сейсмической волны.

4.1. Поглощение сейсмической энергии

Определение коэффициентов поглощения – достаточно сложная задача [Берзон и др., 1963; Васильев, 1951; Горяинов, Ляховицкий, 1979; Максимов, Николаев, 1965; Николаев, 1963; Ризниченко, 1956; Заалишвили, 1990]. При этом, как прави-

ло, большинство данных получено для высокочастотного диапазона (50-100 Гц). При определении коэффициентов поглощения наличие мощных источников многократного действия позволило снизить диапазон частоты в сторону реальных частот землетрясений (рис. 17).

Коэффициенты поглощения определяли по амплитудным спектрам зависимости разности коэффициентов от частоты [Берзон и др., 1963]:

$$\alpha_{f_1} - \alpha_{f_2} = \frac{\ln(\varphi_{x_1} / \varphi_{x_2})}{x_2 - x_1}, \quad (15)$$

где: φ_{x_1} – отношение амплитуд составляющих спектра, полученных на базе x_1 ; φ_{x_2} – отношение амплитуд составляющих спектра на базе x_2 .

Коэффициент поглощения α значительно зависит от частоты. Так, для рыхлых суглинков на частоте $f_1 = 50$ Гц, $\alpha_1 = 0,3$, тогда как для частоты $f_2 = 10$ Гц, $\alpha_2 = 0,08$. Для скальных грунтов при тех же частотах имеем $\alpha_1 = 0,07$, $\alpha_2 = 0,003$, соответственно. На рис. 18 приведены примеры расчета коэффициентов поглощения в глинистых грунтах. Для скальных грунтов зависимость α (f) имеет сложный вид (рис. 19б)

Отметим, что коэффициенты поглощения для ближней и дальней зон источника различны. Это объясняется высоким показателем поглощения энергии из-за пластических деформаций вблизи зоны воздействия.

Коэффициент поглощения можно рассчитать и другим способом. Пусть к поверхности однородной грунтовой толщи мощностью H прилагается вертикально ориентированное динамическое воздействие $F(t)$ невзрывного источника. При падении волны на кровлю коренной породы будут наблюдаться явления отражения и преломления волны.

Рассмотрим характер многократного отражения сейсмической волны в поверхностной толще грунта [Напетваридзе, 1973; Kanai, 1952]. Учитывая, что акустическая жесткость поверхностной грунтовой толщи намного меньше жесткости коренной породы $\rho_1 v_1 < \rho_2 v_2$, допускаем, что коэффициент преломления волны через кровлю коренной породы $\alpha_0 \approx 2$, а коэффициент отражения на поверхности границы с воздухом $\beta \approx 1$. Тогда волна, достигающая кровли $F_0(t)$ отражаясь и преломляясь, возвращается на поверхность в виде $F_1(t)$. После многократных повторений процесса получаем рекуррентные соотношения:

$$F_0^1 = e^{-kH} F\left(t - \frac{H}{v_s}\right), \quad (16)$$

$$F^2 = 2e^{-2kH} \beta_0 F\left(t - \frac{2H}{v_s}\right), \quad (17)$$

$$F_0^3 = 3e^{-3kH} \beta_0 F\left(t - \frac{3H}{v_s}\right), \quad (18)$$

$$F^4 = 4e^{-4kH} \beta_0^2 F\left(t - \frac{4H}{v_s}\right), \quad (19)$$

$$F_0^5 = 4e^{-5kH} \beta_0^2 F\left(t - \frac{5H}{v_s}\right), \quad (20)$$

$$F^6 = 8e^{-6kH} \beta_0^3 F\left(t - \frac{6H}{v_s}\right), \quad (21)$$

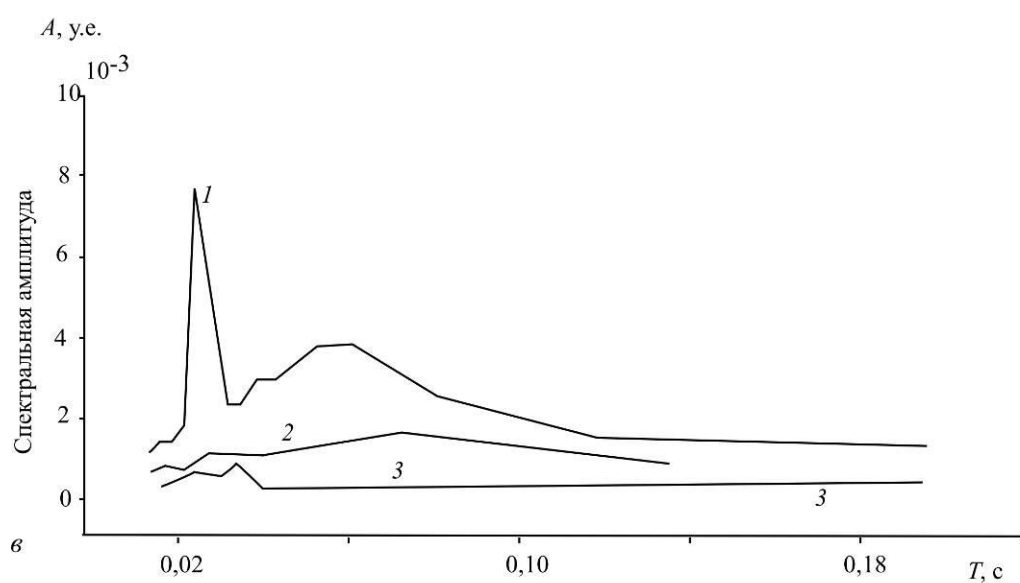
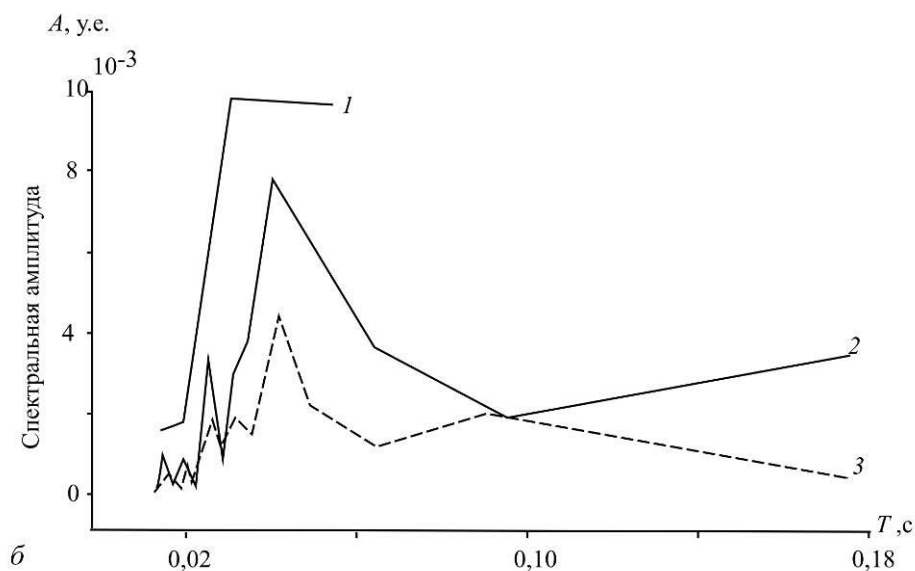
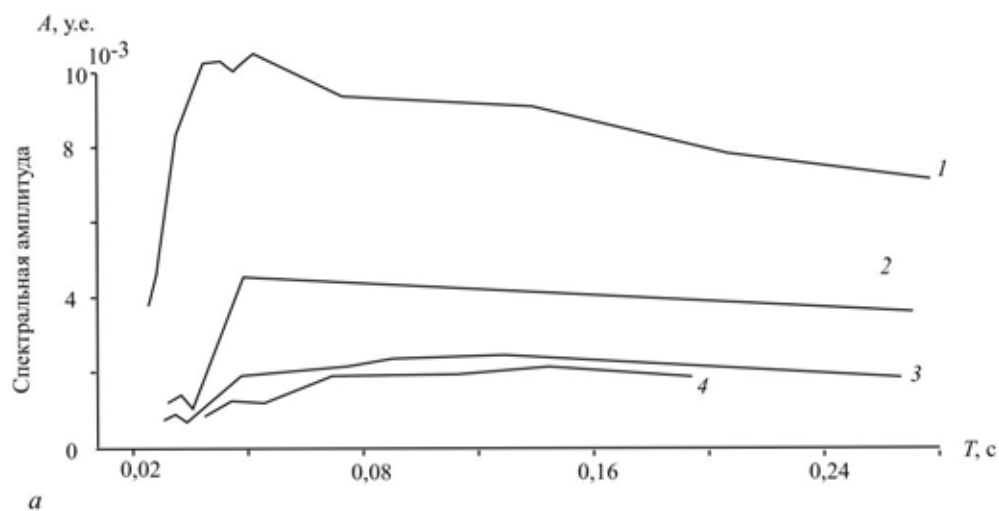


Рис. 17. Изменение амплитудного уровня спектра колебаний с расстоянием: а – суглинки; б – галечники; в – скальные грунты с поверхности выветрелые

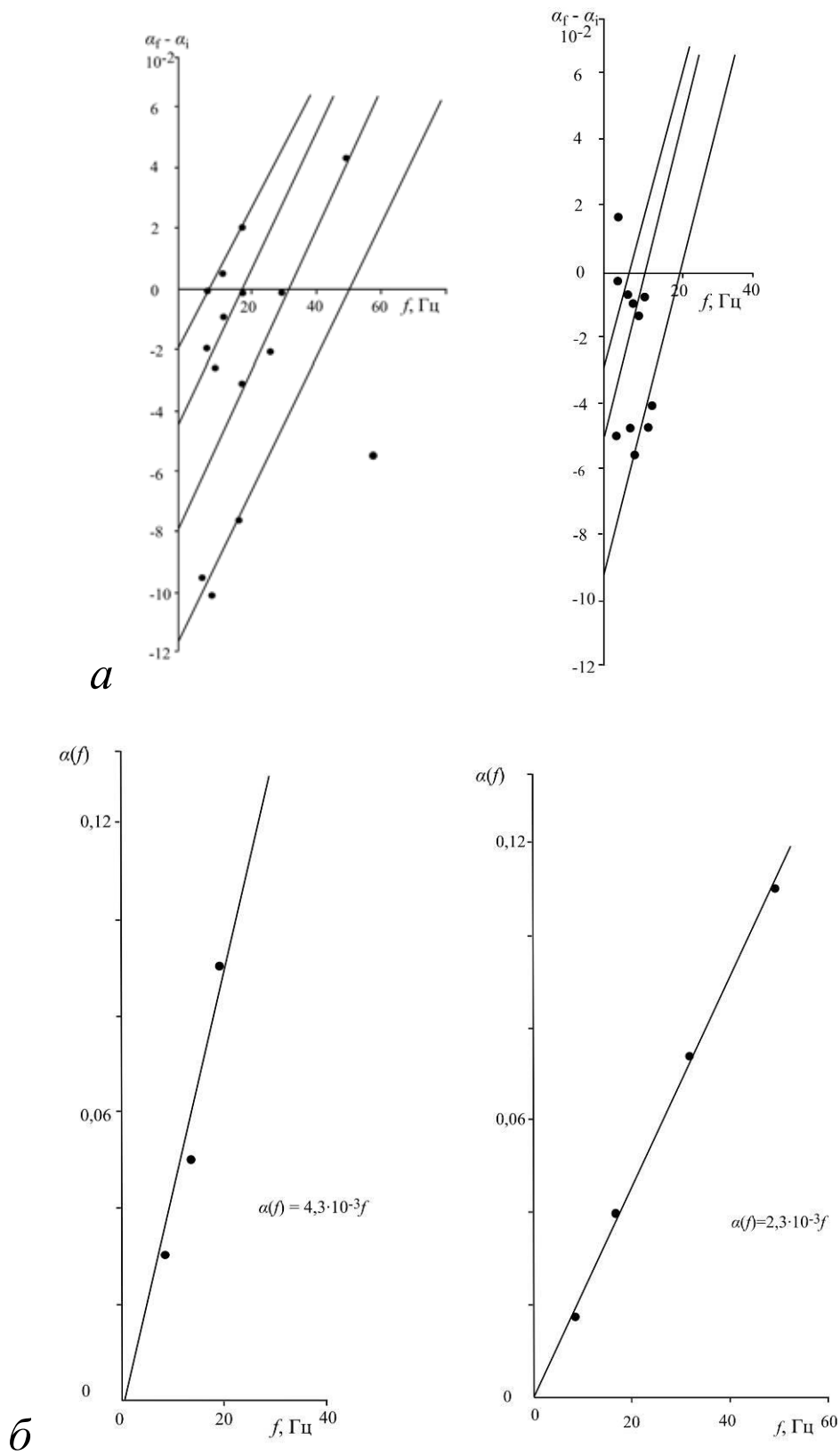


Рис. 18. Поглощение энергии сейсмических волн в глинах
 а – зависимость $(\alpha_{f_1} - \alpha_{f_2})$ от частоты f ;
 б – зависимость коэффициента поглощения от частоты (для ближней и дальней зоны)

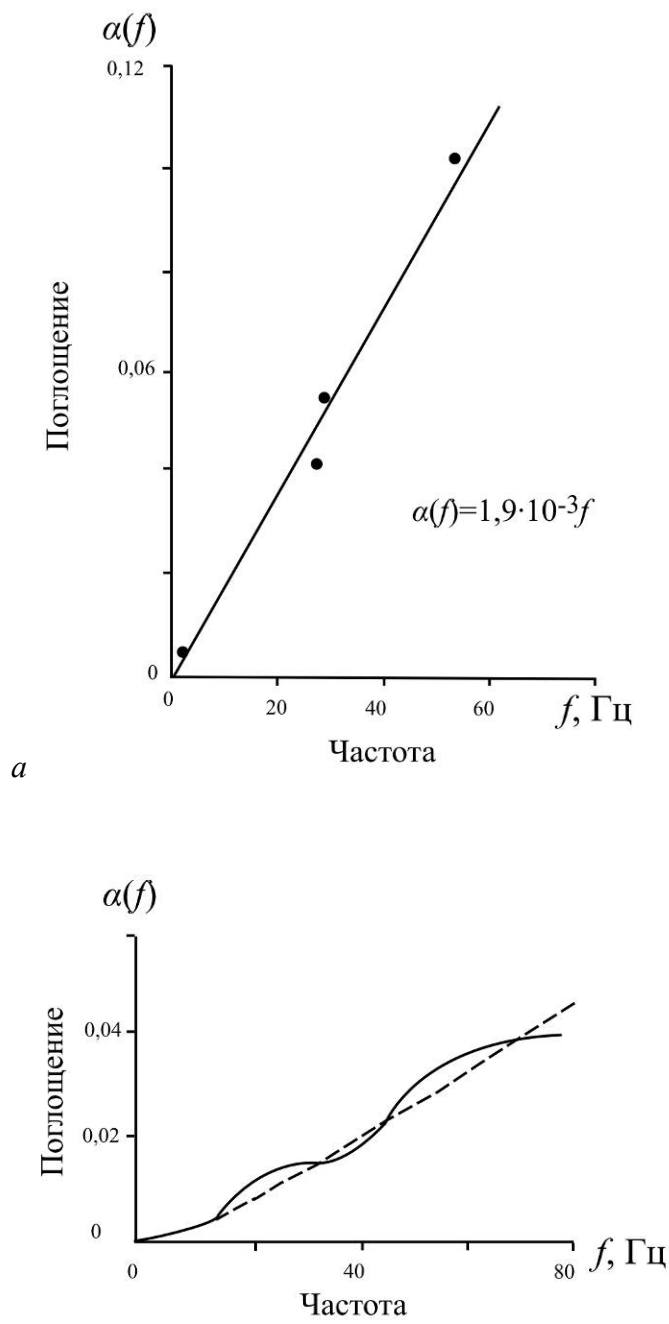


Рис. 19. Зависимость коэффициента поглощения от частоты: а – крупнообломочные грунты; б – скальные грунты

$$F_0^7 = 4e^{-7kH} \beta_0^3 F\left(t - \frac{7H}{v_s}\right). \quad (22)$$

Запишем отдельно выражение для волны, многократно падающей вниз и многократно выходящей на поверхность:

$$F_0(t) = e^{-kH} \left[F\left(t - \frac{H}{v_s}\right) + 2e^{-2kH} \beta_0 F\left(t - \frac{3H}{v_s}\right) + 4e^{-4kH} \beta_0^2 F\left(t - \frac{5H}{v_s}\right) + 8e^{-4kH} \beta_0^3 F\left(t - \frac{7H}{v_s}\right) + \dots \right] \quad (23)$$

$$F(t) = 2e^{-2kH} \left[F\left(t - 2\frac{H}{v_s}\right) + 2e^{-2kH} \beta_0 F\left(t - \frac{4H}{v_s}\right) + 4e^{-4kH} \beta_0^2 F\left(t - \frac{6H}{v_s}\right) + \dots \right]. \quad (24)$$

Учитывая, что $|\beta_0| < 1$, e^{-2kH} , ряд (24) – сходящийся и тогда можно написать с достаточной точностью:

$$F(t) \approx 2e^{-2kH} \beta_0 F\left(t - \frac{2H}{v_s}\right), \quad (25)$$

$$F\left(t + \frac{2H}{v_s}\right) \approx 2e^{-2kH} \beta_0 F(t), \quad (26)$$

$$\frac{F(t)}{F\left(t + \frac{2H}{v_s}\right)} = \frac{1}{2\beta_0} e^{2kH}, \quad (27)$$

$$k = \frac{1}{2H} \ln \left[2\beta_0 \frac{F(t)}{F\left(t + \frac{2H}{v_s}\right)} \right]. \quad (28)$$

Таким образом, получена формула для расчета коэффициента поглощения (k).

Рассчитаем коэффициент поглощения для грунтов участка, сложенного с поверхности мощной толщей суглинков ($H = 13,5$ м) с показателями $v_s = 250$ м/с, $\rho = 1,8$ т/м³; для подстилающей коренной породы $v_s = 2200$ м/с, $\rho = 2,5$ т/м³, шаг расстановки $x = 15$ м ($h \approx x$). Сопоставляя максимальные амплитуды для $T = 0,06$ с и $A(t) = 11$; $A\left(t + 2x/v_s\right) = 4$ (рис. 17) и, рассчитывая $\beta_0 = 0,849$, получим, что показатель поглощения сейсмической энергии составит $k = 0,057$ м⁻¹.

Рассчитаем коэффициент поглощения сейсмической энергии толщи по полученным зависимостям коэффициента поглощения от частоты (рис. 17б) для $T = 0,06$ с ($f = 17$ Гц):

$$\begin{cases} \alpha_1(f) = 4,3 \cdot 10^{-3} f & \text{(ближняя зона),} \\ \alpha_2(f) = 2,3 \cdot 10^{-3} f & \text{(дальняя зона).} \end{cases}$$

Подставляя частоту 17 Гц, получим $\alpha_1(f) = 0,071$ м⁻¹ и $\alpha_2(f) = 0,038$ м⁻¹, причем, их среднее значение составит $\overline{\alpha(f)} = 0,056$ м⁻¹. Сопоставляя полученные данные для k и $\overline{\alpha(f)}$, видим их соответствие. Рассчитывая поглощения для совокупности спектров колебаний грунтов можно также составить зависимость $k(f)$. В работе не ставилась задача специально изучать коэффициенты поглощения в различных видах грунтов. В то же время показана возможность непосредственно определять коэффициенты поглощения в относительно низкочастотной области измерений.

Отметим, что при использовании в качестве источников колебаний грунтов вибрационных установок, данные будут более обоснованными. При этом получить данные будет проще. Так, последовательно посылая монохроматический сигнал

различной частоты в грунтовую толщу, при регистрации его на различных расстояниях от источника можно по изменению амплитудного уровня получить зависимость поглощения энергии от частоты в различных видах грунтов. Чтобы повысить достоверность данных, можно использовать встречные системы наблюдений.

В связи с этим интересно рассмотреть изменение площади нормализованного спектра колебаний при изменении величины динамического воздействия. Если возбуждать колебания грунтовой толщи одновременно четырьмя источниками СИ-32, то спектр колебаний толщи суглинков значительно изменяется (рис. 20), причем, область огибающей спектра увеличивается почти в 4 раза:

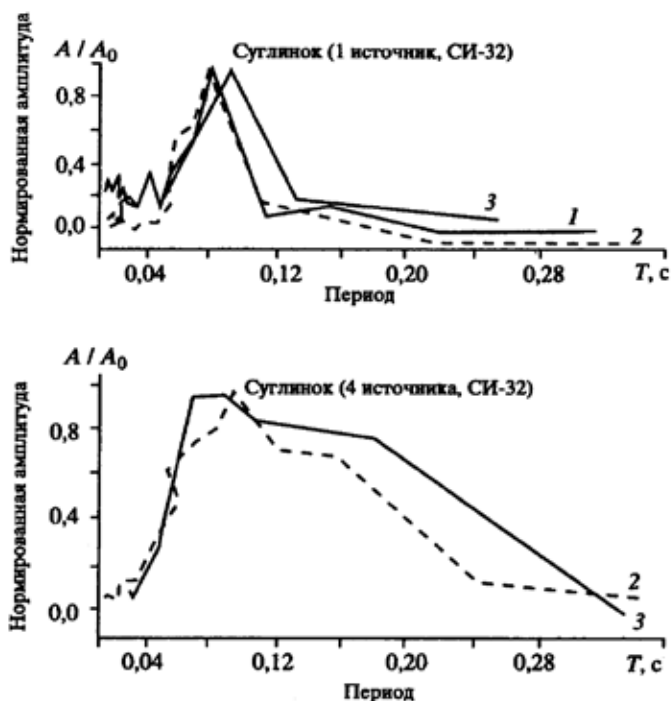


Рис. 20. Спектры колебаний, возбуждаемых источником СИ-32
а – один источник; б – четыре источника

Отметим, что источники достаточно большие и в связи с этим не могут располагаться достаточно близко, поэтому практически исключено появление больших пластических деформаций. С другой стороны, очевидно, вполне может иметь место локальная упругая нелинейность реакции грунтов для каждого конкретного источника.

Обводнение глинистых и крупнообломочных грунтов вызывает сужение спектра колебаний. Тем не менее, изменение воздействия вызывает аналогичное приращение площади спектра колебаний грунта.

5. Установление инженерно-геологического разреза грунтовой толщи и ее гидрогеологических условий

При проведении СМР даже при наличии инженерно-геологической карты районизируемой территории для инструментальных наблюдений необходимо уточнять мощность слоев грунтовой толщи и их литологический состав.

Дело в том, что площадное инженерно-геологическое картирование не в состоянии дать все микроусловия даже одного какого-либо типичного участка. Как пра-

вило, это – обобщающие изыскания и увеличение детальности исследования влечет большие материальные затраты. Инженерно-геологический разрез представляется наиболее реальным для различного рода исследований непосредственно вблизи скважины (шурфа). С удалением от нее можно ожидать как изменения мощности грунтовой толщи, так и литологического состава слоев. Аналогичное положение наблюдается и при установлении уровня стояния грунтовых вод. Кроме того, изменения этого уровня (в зависимости, например, от времени года) могут быть подвержены весьма заметным перепадам и это тогда, когда величина глубины стояния грунтовых вод значительно влияет на результаты расчетов.

Мощность слоев, как показано ранее, достаточно точно рассчитывается по известным формулам. Использование встречных систем наблюдения повышает достоверность данных. Учитывая, что скорость продольной волны скачкообразно увеличивается на глубине стояния грунтовых вод, при постоянной или даже уменьшающейся скорости поперечной волны, установление инструментальными способами глубины стояния грунтовых вод (или уточнения) решается также более или менее достоверно. Тем не менее, чтобы уточнить инженерно-геологические и гидрогеологические условия местности не лишне, а иногда, может быть, и необходимо (особенно при уточнении литологического состава слоев толщи) использовать дополнительные косвенные признаки.

Каждый вид грунта характеризуется конкретным отношением значений скоростей распространения поперечных волн к скоростям продольных $\gamma = v_s/v_p$, а также соответствующим распределением скоростных характеристик.

Таблица 1

Отношение γ для ряда грунтов

Вид грунта	Галечники	Пески	Суглинки	Глины
Неводонасыщенный	0,6-0,7	0,5-0,7	0,3-0,55	0,1-0,35
Водонасыщенный	0,1-0,2	0,07-0,2	0,05-0,15	0,05-0,12

В табл. 1 приведены значения γ для наиболее распространенных видов грунтов [Горяинов, Ляховицкий, 1979]. Учитывая полученные в настоящей работе распределения скоростей в различных видах грунтов, эту градацию можно сделать еще более детальной. Тем более, что в одном ряду табл. 1 находятся, например, пластичные и твердые глины, или галечники с песчаным заполнителем в количестве более и менее 30%.

Дополнительно к этому в качестве показателя литологического состава грунта можно использовать изменение средневзвешенных значений периодов колебаний от стандартного источника. Учитывая расстояния, на которых проявляются указанные изменения, можно непосредственно исследовать влияние подстилающего (преломляющего слоя) и мощность толщи также на спектральный состав колебаний (рис. 20).

Как отмечал еще [Левшин, 1961], разделение галечников и песков возможно лишь «путем исследования их видимых частот». Дело в том, что при нахождении в водонасыщенном состоянии галечники (с песчаным заполнителем более 30%) и пески характеризуются близкими по величине скоростями распространения в них продольной и поперечной волн. Кроме того, отношение γ также не позволяет однозначно разделить их. С другой стороны, по данным спектрального анализа ширина

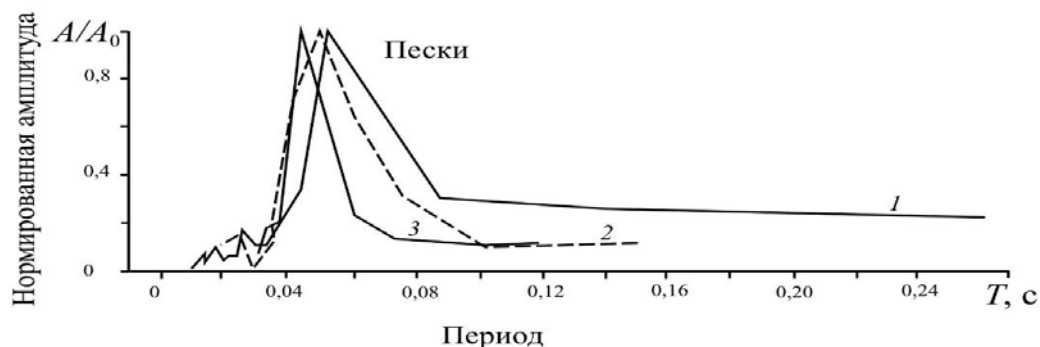


Рис. 21. Спектральная характеристика песков:
1, 2, 3 – номера каналов

спектра песков больше ширины спектров галечников в 1,5-2 раза (рис. 8 и рис. 21), при этом вид спектральной кривой – вполне устойчивая характеристика.

Перекрывая подстилающий слой насыпным, рыхлым грунтом, возможно, однозначно выделять литологический состав подстилающего грунта при однотипных, стандартных измерениях (рис. 8 и рис. 10).

Наличие большого количества признаков того или иного состояния исследуемого объекта [Гольцман, 1976, 1980, Онофраш, 1981], т.е. косвенных признаков (v_s , v_p , γ , $T_{св}$, $\alpha(f)$), позволяет, пронумеровывая возможные состояния объекта (суглинки пластичные, галечники с песчаным заполнителем более 30%, и т.д.), составить вероятностные таблицы с формализованными исходными данными (v_s , v_p и т.д.). Это даст возможность с высокой достоверностью решать задачи установления инженерно-геологического разреза малоисследованной территории. Основная сложность здесь в дискретизации признаков, их весового состава в вероятностной таблице. Исследования в данном направлении необходимо продолжить.

Таким образом, применение мощных невзрывных источников и увеличение количества косвенных признаков существенно повышает достоверность и надежность оценок инженерно-геологических и гидрогеологических условий районируемой территории.

Выводы

- Каждый вид грунта независимо от энергии воздействия при стандартных наблюдениях характеризуется определенного вида спектральной кривой. С ухудшением сейсмических свойств подспектральная область увеличивается. При уменьшении уровня стояния грунтовых вод максимальные значения амплитуд спектральной кривой смещаются в высокочастотную область, и амплитуды колебаний увеличиваются. Наблюдается хорошая устойчивость спектральных характеристик колебаний грунта при перемещении источника.

- Маломощные источники не позволяют использовать спектральные характеристики возбуждаемых ими колебаний для оценки влияния изменения мощности грунтовой толщи. В то же время с удалением от источника подобного вида спектральная кривая несет информацию о свойствах подстилающих грунтов. Так, если подстилающие грунты плотные, то спектр смещается в высокочастотную область и наоборот. Спектр имеет простую треугольную форму в области максимальных значений амплитуд. Отметим, что ширина и вид спектра сохраняются даже при трехме-

тровом перекрытии рассматриваемых грунтов насыпью. Получены корреляционные зависимости между скоростью поперечной волны и средневзвешенным значением периода колебаний соответствующих грунтов и приращением балльности.

▪ Мощные источники имеют свои присущие им особенности применения. Средневзвешенные значения периодов практически близки к значениям преобладающих периодов для соответствующих толщ грунта. Источники позволяют без специальных усилительных устройств исследовать свойства толщи до глубины 15-20 м. При увеличении мощности рыхлой толщи площадь спектра соответственно увеличивается и может служить показателем сейсмических свойств грунта. Спектр колебаний грунта, возбуждаемых импульсным источником, аналогичен спектру колебаний грунтов, вызванных землетрясением в высокочастотной части спектра. Анализ спектров виброграмм показывает картину, аналогичную результатам использования импульсных источников, причем появляются побочные максимумы в более низкочастотной области ($T \sim 1-1,5$ с).

▪ Исследования на моделях подтвердили зависимость спектральной характеристики от физико-механических свойств и мощности грунтовой толщи, и показали устойчивость спектральной кривой с глубиной.

▪ Применение численного метода позволяет получать расчетные спектры колебаний, аналогичные экспериментальным спектрам. Это доказывает обоснованность составления скоростного разреза. Показана возможность оценивать поглощающие свойства грунтов в низкочастотном диапазоне. Исследован вопрос уточнения инженерно-геологических и гидрогеологических условий. Увеличение дополнительных косвенных признаков существенно повышает достоверность конечных результатов.

▪ С помощью маломощных источников существует возможность детально исследовать, (без использования усилительных устройств) свойства грунтовой среды до глубины пять-десять метров. В то же время, мощные невзрывные источники позволяют изучать свойства, практически, всей грунтовой толщи, представляющей практический интерес для целей сейсмического микрорайонирования.

▪ Совокупность всех видов (по мощности) источников позволяет получать во всей полноте необходимую информацию о сейсмических свойствах исследуемой среды.

Литература

1. Аракелян А.Р., Заалишвили В.Б., Макиев В.Д., Мельков Д.А. К вопросу сейсмического районирования территории республики Северная Осетия-Алания // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Заалишвили В.Б. (редактор), Владикавказский научный центр РАН и РСО-А. 2008. С. 263-278.

2. Берзон И.С., Епинатьева А.М., Парийская Г.Н., Стародубская С.П. Динамические характеристики сейсмических волн в реальных средах. Изд-во. М.: АН СССР, 1963. 511 с.

3. Васильев Ю.И. Об определении коэффициента поглощения сейсмических волн // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1951. №4. С. 31-42.

4. Веников В.А. Теория подобия и моделирования. М.: Высшая школа, 1976. 479 с.

5. Гольцман Ф.М. Комплексирование наблюдений при распознавании геофизических объектов // Физика Земли. 1976. №7. 1976. С. 40-54.

6. Гольцман Ф.М. Информационная содержательность эксперимента и учет корреляции нечисловых признаков при распознавании геофизических объектов. // Физика Земли. 1980. №10. С. 71-85.
7. Горяинов Н.И., Ляховицкий Ф.М. Сейсмические методы в инженерной геологии. М.: Недра, 1979. 144 с.
8. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. М.: Недра, 1980. 551 с.
9. Джабаури Г.Г. Прямая и обратная задачи инженерной сейсмологии для грунтовой толщи с произвольным числом плоско параллельных слоев //Сообщ. АН ГССР. Тб.: Мецниереба. т.93. №2. 1979. С. 405-409.
10. Дженкинс Г., Ватс Д. Спектральный анализ и его приложение. Т.1. М.: Мир, 1971. 316 с.
11. Ершов И.А. Сопоставление инструментальных данных о скоростях распространения волн в грунте, амплитудах и периодах для сейсмического микрорайонирования // Вопросы инженерной сейсмологии. М.: Наука, 1965. С. 46-60.
12. Заалишвили В.Б. Применение мощного газодинамического источника для исследования колебаний грунтовой толщи // Сообщ. АН ГССР, 1983. Т. 109. №2. С. 345-348.
13. Заалишвили В.Б., Рогожин Е.А. Оценка сейсмической опасности территории на основе современных методов детального районирования и сейсмического микрорайонирования //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2011. №3. С. 31-43.
14. Заалишвили В.Б. Зависимость поглощения волнового поля от вида грунтов и частоты воздействия // Материалы Междунар. конф. «Качество и надежность строительных материалов и констр. в сейсмостойком строительстве». Батуми, 2-6 мая 1990. С. 38.
15. Заалишвили В.Б., Невская Н.И. Взаимосвязь различных факторов, в том числе, сейсмических событий со сходом ледника Колка 20 сентября 2002 г. // Вестник Владикавказского научного центра. 2004 Т. 4. №3. С. 51-56.
16. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Макиев В.Д., Мельков Д.А. Интерпретация инструментальных данных процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года // Вестник Владикавказского научного центра. 2005. Т. 5. №3. С. 43-54.
17. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. М.: – Наука, 2009. 350 с.
18. Коган Л.А. Сейсмическая энергия и методы ее определения. М.: Наука, 1967. 152 с.
19. Левшин А.Л. Определение уровня грунтовых вод сейсмическими методами // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1961. №9. С. 1314-1338.
20. Максимов А.Б., Николаев А.В. Способ оценки декремента поглощения сейсмических волн // Там же. 1965. №5.
21. Максимов А.Б. Методика микрорайонирования на основе детального изучения сейсмических свойств грунтов: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. М., 1969.
22. Миндель И.Г., Мешков М.М., Трифонов Б.А. Применимость при микрорайонировании расчетных и экспериментальных частотных характеристик толщи грунтов в условиях резонанса // Сейсмическое микрорайонирование. Кишинев: Штиинца, 1979. С. 184-190.
23. Напетваридзе Ш.Г. Некоторые задачи инженерной сейсмологии. Тбилиси: Мецниереба, 1973. 164 с.

24. Напетваридзе Ш.Г., Одишария А.В. Исходные данные для применения расчетных способов в сейсмическом микрорайонировании // Сейсмическое микрорайонирование. М.: Наука, 1976. с. 151-157.
25. Николаев А.В. Вопросы детального изучения сейсмических характеристик грунтов в естественном залегании // Труды Ин-та физики Земли Ан СССР. 1963. М 25 (192).
26. Онофраш Н.И. Статистические методы картирования сейсмической опасности. Кишинев: Штиинца, 1981. 86 с.
27. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства. М.: Госстрой СССР, 1985. 72 с.
28. Ризниченко Ю.В. О расхождении и поглощении сейсмических волн // Труды геофиз. ин-та. 1956 №35 (162).
29. Шнеерсон М.Б., Майоров В.В. Наземная сейсморазведка с невзрывными источниками колебаний. М.: Недра. 1980. 205 с.
30. Kanai K. Relation between the nature of surface layer and the amplitudes of earthquake motions // Bul. Earthquake Res. Inst. No 30. Tokyo Univ. 1952. Pp. 31-37.

DEPENDENCE OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF SEISMIC WAVES ON THE STRUCTURE OF THE UPPER PART OF THE SECTION

© 2014 V.B. Zaalishvili, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.

Center of Geophysical Investigations VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov st.,
Vladikavkaz, 363002, Russia, E-mail: vzaal@mail.ru

In the article were examine the dependence of the spectral characteristics of seismic waves on the structure of the upper part of the section. It is shown that the introduction of the value of the weighted mean period of oscillations of soils considerably increases the quality of the differentiation of the soils of different form. The results of the analysis of field data in the form of relationships for the calculations of terrain densities of different forms are given. The dependence of the spectral composition of seismic waves on the power, the physicommechanical conditions of the ground, component ground thickness, and hydrogeological conditions is examined.

The conclusion about the high expediency of use with seismic city planning of powerful pulse and vibration artificial nonexplosive sources is made on the basis of data analysis. In the work there were used the complex of the methods: field and numerical (on the physico-mathematical models) experiments, and also conducting experiments according to the analysis of the spectral characteristics of soils on the laboratory models

Special attention was given to a study of the absorption coefficients of seismic energy in different forms of soils. It is shown that use of the extended type of the indices of soils, in particular, due to the start of standard spectral characteristics makes it possible to considerably increase authenticity and reliability of the establishment of the geological engineering section of ground thickness and its hydrogeological conditions.

Key words: soils, spectra, analysis, seismogram, active region, the weighted mean oscillatory period, terrain density, the absorption.

УДК 550.34

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ЛИНЕЙНЫМИ И НЕЛИНЕЙНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ГРУНТОВ ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

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

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

В работе приведены корреляционные взаимосвязи между линейными и нелинейными характеристиками грунтов, установленные по данным записей колебаний различных грунтов, зарегистрированных при сильном Рачинском землетрясении 1991 года (Грузия) и результатам специальных исследований.

Рассмотрен физический смысл введенного автором показателя, тесно связанного с поглощением и физической нелинейностью грунтов в виде площади подспектральной области нормализованного и реального спектров колебаний грунтов. Установлено соответствие особенностей изменения показателей динамического поведения грунтов (динамической жесткости грунта) и площади нормализованного и реального спектра грунтовых колебаний.

Показано, что в зависимости от уровня воздействия и прочности грунтов вполне отчетливо проявляется и может быть произведена относительная количественная оценка степени нелинейности и неупругости грунтов. Это позволило получить эмпирические соотношения для надежной и физически обоснованной дифференциации грунтов по их сейсмическим свойствам.

Ключевые слова: корреляционные связи, грунты, динамическая жесткость, поглощение, нелинейность, неупругость, площадь спектра, дифференциация грунтов.

1. Корреляционная связь между линейными и нелинейными характеристиками грунтов по инструментальным данным

Анализ полученных при Рачинском землетрясении записей ускорений показал, что показатели грунтового движения можно достаточно уверенно аппроксимировать полиномом заданной степени с помощью метода наименьших квадратов [Дон Лит, 1963]. Интересно сопоставить, в частности, зависимость площади реального спектра S_p от частоты с данными гистерезисного демпфирования (рис. 1). Хорошо видно, что в плотных грунтах зависимость характеризуется коэффициентом жесткости, а в рыхлых – коэффициентом потерь. Анализируя характер полученных зависимостей, можно увидеть, что характер кривых резко различен для рыхлых и плотных грунтов: и площадь реального спектра S_p прямо пропорциональна частоте воздействия для скальных грунтов и обратно пропорциональна для рыхлых грунтов. При нанесении обеих зависимостей на один график характер различий становится еще более наглядным. Параметр S_p был ранее введен нами для расчета приращения интенсивности на сопоставляемых грунтах при сейсмическом микрорайонировании [Заалишвили, 1996].

Видно, что для частот $f < 6$ Гц амплитуда колебаний рыхлых грунтов выше, чем жестких грунтов. При $f = 6$ Гц амплитуды колебаний совпадают – это т.н. критическая точка. С дальнейшим увеличением частоты колебаний амплитуда колебаний

жестких грунтов все более превышает амплитуду на рыхлых грунтах. Интересно сопоставить указанные зависимости с зависимостями коэффициента жесткости и коэффициента потерь от частоты колебаний (рис. 1), которые получены из данных для динамической жесткости [Нашиф и др., 1988]. Хорошо видно, что наблюдается хорошее соответствие, что важно с методической точки зрения.

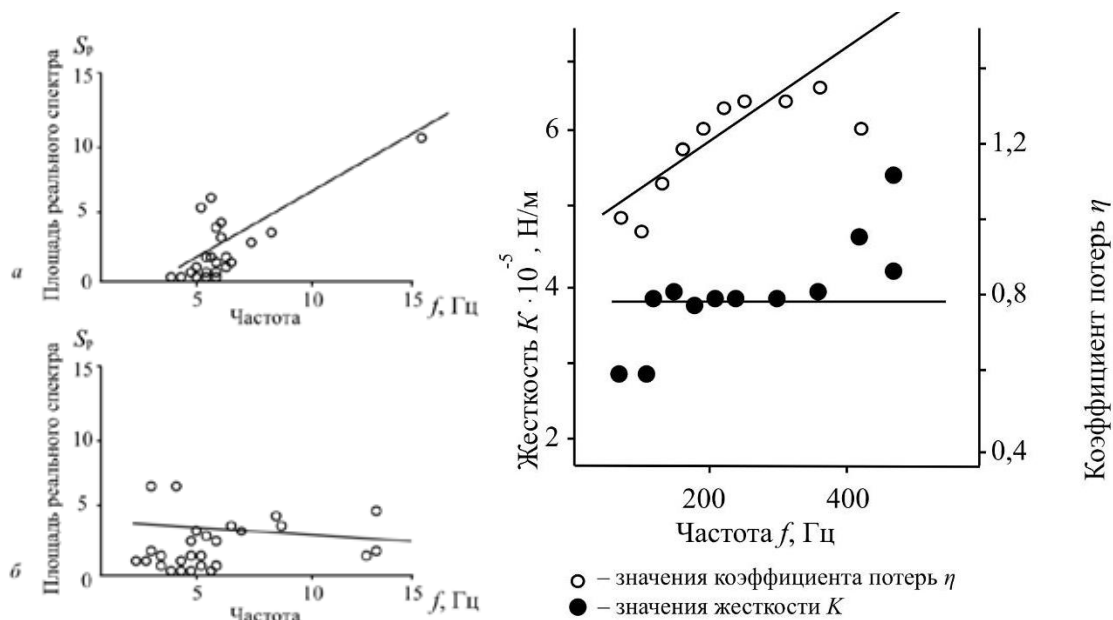


Рис. 1 Зависимости различных показателей от частоты колебаний:
– площади спектра колебаний S_p для плотных (а) и рыхлых (б) грунтов;
– жесткости K и коэффициента потерь η

Анализ поведения кривой динамической жесткости [Heikelom, Foster, 1960] показывает, что для рыхлого грунта (а здесь рассматривается именно рыхлый грунт) динамическая жесткость изменяется достаточно сложно (рис. 2). Так, на первом этапе, аналогично приведенным результатам анализа, с увеличением частоты коэффициент потерь (коэффициент потерь обратно пропорционален жесткости) сначала падает, а с частоты около 30 Гц начинает увеличиваться. Происходящее явление можно описать следующим образом. По мере увеличения частоты на начальном этапе развития деформаций (низкочастотный диапазон) коэффициент неупругого сопротивления падает, и затем, по мере уменьшения силового воздействия (переход в высокочастотный диапазон), коэффициент неупругого сопротивления растет.

Ранее нами было показано, что приращения интенсивности высоки для землетрясений малой силы в ближней зоне землетрясений и уменьшаются по мере увеличения магнитуды [Заалишвили, 2000]. В дальней зоне землетрясения по мере увеличения магнитуды приращение увеличивается. Другими словами, описание особенностей, характерных для процесса землетрясения, объясняется или может объясняться, в некоторой степени, особенностями динамического поведения грунтов. Зависимость динамической жесткости от частоты имеет явно выраженный нелинейный характер. Установлено соответствие особенностей изменения показателей динамического поведения грунтов (динамической жесткости грунта) и площади нормализованного и реального спектра грунтовых колебаний. С другой стороны, отношение жесткости к массе системы численно равно частоте ее собственных ко-

лебаний, а отношение коэффициента потерь к массе – затуханию системы.

Таким образом, площадь реального спектра колебаний жестких грунтов S_p^* , отнесенная к соответствующей массе грунтовой толщи, где развиваются деформации, будет пропорциональна собственной частоте колебаний толщи, а площадь реального спектра рыхлых грунтов S_p^p – затуханию колебаний толщи:

$$S_\delta^* / m \sim \omega_0^2; \quad S_\delta^p / m \sim 2h. \quad (1)$$

Отсюда и значительные различия в их поведении. Другими словами, чем больше поглощение, тем больше площадь реального спектра в рыхлых грунтах при стандартном воздействии.

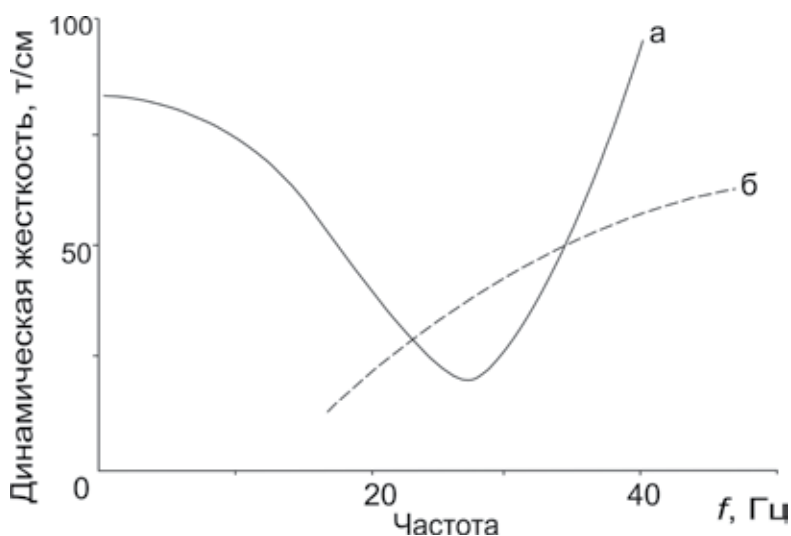


Рис. 2. Зависимость динамической жесткости от частоты колебаний: а) рыхлые грунты; б) скальные грунты [Heikelom, Foster, 1960]

Позже с помощью специальных приемов были получены достаточно корректные значения длительности колебаний рассматриваемого землетрясения, что создало условия для высококачественного регрессионного анализа. На основе анализа связи различных величин с площадью нормализованного спектра для жестких и рыхлых грунтов, соответственно, были получены следующие корреляционные выражения:

$$S_H^* = e^{-3,45} h^{0,03} f^{2,93} a^{0,34} r^{0,41} t^{0,81} M^{0,05}; \quad S_H^p = e^{-0,2} h^{0,05} f^{1,82} a^{0,06} r^{1,07} t^{1,07} M^{-0,43}. \quad (2)$$

где h – глубина очага землетрясения; M – магнитуда.

Можно с учетом значимости весового влияния указанных параметров записать:

$$S_H^* = e^{-3,46} f^{2,93} a^{0,34} r^{0,41} t^{0,81}; \quad S_H^p = e^{-0,2} f^{1,82} r^{1,07} M^{-0,43}. \quad (3)$$

Коэффициенты корреляции весьма высоки ($R = 0,92-0,95$).

Дальнейшее уточнение или упрощение с учетом соответствующих размерностей привело к выражениям:

$$S_H^* = 0,23 \frac{f^3 t \sqrt{ar}}{g}; \quad S_H^p = 0,82 \frac{f^2 t}{\sqrt{M}}. \quad (4)$$

Относительная погрешность расчетных значений S_H^p не превышает 0,2. Как правило, погрешность много меньше.

В жестких грунтах параметр S_n^* , характеризующий поглощение, прямо пропорционален кубу частоты и длительности колебаний. Чем больше расстояние от эпицентра, тем, при данных условиях, больше поглощение и т. д. Для рыхлых грунтов параметр S_n^p прямо пропорционален квадрату частоты и длительности. С увеличением магнитуды (энергии воздействия) параметр уменьшается.

Далее можно записать зависимости «чистого» поглощения от параметров сейсмического воздействия для жестких и рыхлых грунтов соответственно:

$$\frac{S_n^*}{f} = 0,23 \frac{f^2 t \sqrt{ar}}{g}; \quad \frac{S_n^p}{f} = 0,82 \frac{ft}{\sqrt{M}}. \quad (5)$$

Явление уменьшения поглощения с увеличением магнитуды известно [Шебалин, Бузрукова, 1989]. Рассматриваемая зависимость справедлива для характеристики поведения рыхлых грунтов в ближней зоне землетрясения. Параметр S_n^p в рыхлых грунтах практически не зависит от ускорения, т. е. возникающее в процессе динамического воздействия ускорение не взаимосвязано с процессом поглощения. В то же время, чем больше магнитуда, тем меньше рассматриваемый параметр. В жестких грунтах он почти не зависит от магнитуды и значительно зависит от ускорения.

Результаты расчетов приведены в табл. 1. Станция Они расположена на скальных грунтах, а Амбролаури – на рыхлых.

На основе исследований по оценке виброчувствительных грунтов можно сделать вывод о пропорциональности амплитуды (например, ускорений a) колебаний продолжительности t колебаний. Оценки показывают, что коэффициент пропорциональности не превышает при этом значения $\sqrt{2}$. С учетом изложенного, систему выражений (5) можно переписать в виде:

$$S_n^* = 0,27 \frac{f^3 t \sqrt{tr}}{g}; \quad S_n^p = 0,82 \frac{f^2 t}{\sqrt{M}}. \quad (6)$$

Таким образом, можно рассматривать параметр S_n^* в виде, явно не зависящем от ускорения. Полученные результаты, очевидно, интересны не только с методической точки зрения.

Далее с помощью регрессионного анализа были установлены корреляционные связи пиковых значений амплитуд спектра колебаний грунтов с динамическими параметрами воздействия и реакции толщи (для жестких и рыхлых грунтов соответственно):

$$A_0^* = 0,35a^{0,64}r^{0,6}M^{0,42}; \quad A_0^p = 0,088a^{0,42}r^{0,08}M^{2,45}. \quad (7)$$

После уточнения размерностей и округления значений степеней получим:

$$A_0^* = 1,39 \cdot 10^{-2} \sqrt{aMr}; \quad A_0^p = 0,28M^{2,5} \sqrt{ag}. \quad (8)$$

Хорошо видно, что величины A_0^* в основном определяются ускорением, тогда как величины A_0^p – исключительно магнитудой (например, землетрясение Ниигата).

Существует не только амплитудный уровень нелинейности, но и область значений, где можно наблюдать взаимодействие или «противостояние» явлений поглощения и нелинейности.

Так, в рыхлых грунтах хорошо видна т. н. зона «балансирования», где действие обоих факторов равно. С увеличением ускорения S_n^p стремится к уменьшению, а A_0^p – к увеличению. При достижении больших ускорений поглощающие свойства

толщи исчерпываются и пик спектра – максимален. Область «балансирования» значительна у глинистых грунтов и мала у крупнообломочных и скальных грунтов.

Таким образом, S_p – площадь реального спектра колебаний грунтовой – является непосредственный показатель интегральной реакции грунтовой толщи, связанный с явлениями поглощения, рассеивания и нелинейности, взаимодействующих между собой.

Таблица 1

Исходные данные и результаты расчетов S_H .

Они						Амбролаури					
S_H , с ⁻¹	$f_{св}$, Гц	A , м/с ²	r , 10 ³ , м	t , с	S_H , расч., с ⁻¹	S_H , с ⁻¹	$f_{св}$, Гц	A , м/с ²	r , 10 ³ , м	t , с	S_H , расч., с ⁻¹
21	3,67	0,07	19,2	15,4	21	3070	19,8	16,10	13,0	3,3	2850
214	4,87	0,83	18,4	32,0	345	96	3,17	17,45	17,6	4,0	72
85	5,46	0,17	19,2	15,8	110	88	3,84	14,68	24,0	3,9	90
162	5,39	0,34	21,6	19,1	193	280	3,85	36,27	16,0	5,3	192
123	4,97	0,39	15,2	16,8	121	111	4,68	15,20	16,0	3,0	158
141	6,18	0,11	21,6	16,4	142	196	4,49	17,00	18,4	3,3	155
128	5,76	0,14	19,2	19,3	144	786	11,0	14,70	23,2	3,4	815
169	5,02	0,44	16,8	25,8	212	85	2,62	27,25	24,8	5,0	69
68	4,62	0,13	16,0	16,1	55	147	5,36	15,63	21,6	3,3	203
31	3,99	0,11	23,2	15,9	39	763	10,3	15,76	19,2	3,2	766
132	5,57	0,12	20,8	17,4	113	238	4,89	17,62	9,6	2,3	228
69	4,88	0,14	17,6	15,2	66	446	5,15	37,66	11,2	4,7	378
41	4,34	0,12	13,6	15,8	66	408	6,52	19,37	12,8	3,8	346
84	5,14	0,34	13,6	15,7	109	187	4,58	21,84	11,2	4,5	177
174	5,47	0,72	13,6	20,6	252	354	5,49	20,33	13,6	3,5	269
242	5,70	0,44	18,4	23,0	289	221	5,39	14,72	21,6	2,4	266
34	3,68	0,11	24,8	15,3	30	71	2,60	24,16	32,8	4,7	62
54	4,49	0,09	21,6	16,2	49	568	8,50	16,95	6,4	3,4	545
387	8,07	0,39	12,8	16,2	409	635	8,42	18,18	29,6	2,2	713
109	5,55	0,11	21,6	17,3	109	1500	13,3	15,20	2,4	1,7	1691

На основе соответствующих выражений далее получим формулу для расчета площади реального спектра в жестких и рыхлых грунтах, соответственно:

$$S_p^ж = 0,002 f^3 \tan \sqrt{M}; \quad S_p^р = 0,23 M^2 f^2 t \sqrt{ag} . \quad (9)$$

Таким образом, получены зависимости, связывающие параметры воздействия ожидаемого землетрясения с ожидаемым спектральным проявлением на конкретной строительной площадке.

Проанализируем явления поглощения в грунтах различного вида. Статистический анализ при оценке сейсмической опасности имеет свои особенности [Онофраш, 1981], но поглощение, являясь, как показывает изложенное ранее, весьма важной характеристикой среды, все еще объясняется с позиции допущений. Здесь остается весьма много неясного [Кнорфф, 1959; Kumbasar, Erguvanli, 1975; Seale, Archuleta, 1989], несмотря на существование целого ряда моделей среды [Mohammad, 1989] и применения нестандартного анализа [Nikolaev, 1989]. Очевидно, что именно особенностями в механизмах поглощения может объясняться различие в степени зависимости S_H от ускорения. Так, для рыхлых грунтов, по достижении определенно-

го значения ускорения, частота становится прямо пропорциональной ускорению, тогда как для малых ускорений наблюдается обратная пропорциональность. Для жестких грунтов частота колебаний **всегда** прямо пропорциональна ускорению. Отсюда можно сделать вывод, что при достижении определенных значений ускорения, рыхлый грунт становится «жестким», ограничиваясь в большинстве случаев, скорее, тенденцией.

Таким образом, в качестве показателя рыхлости достаточно уверенно можно использовать площадь нормализованного спектра колебаний, точнее, степень и характер его зависимости от ускорения.

Отметим, что зависимость указанного параметра от магнитуды подобных повышений не дает. Это, очевидно, объясняет весьма противоречивый характер их взаимосвязи. Добавим, что характер колебаний крупнообломочных (База) и глинистых грунтов – соответствует друг другу в отличие от скальных грунтов (Они).

Другими словами, можно заключить, что при переходе от площади нормализованного (S_n) к площади реального спектра (S_p) происходит смена некоторых определенных механизмов, обуславливающих грунтовое движение. В то же время рассматриваемые параметры отличаются лишь одним множителем – пиком или максимальной амплитудой спектральной кривой.

Известно [Nikolaev, 1989], что поглощение и нелинейность суть два противоположных эффекта, в основе которых лежат различные механизмы движений. Анализ полученных данных показал, что площадь реального спектра S_p есть показатель интегрального воздействия обоих механизмов [Заалишвили, 1997]:

$$S_p \sim \alpha A_0 f_{cs} \quad (10)$$

При этом показателем «чистой» нелинейности будет произведение пикового значения амплитуды на средневзвешенную частоту и его можно использовать в качестве показателя степени нелинейности грунтов при расчете приращения интенсивности или приращения интенсивности грунтов на районированной территории, причем она имеет более глубокий смысл.

2. Анализ колебаний нелинейной, поглощающей грунтовой среды по данным инструментального метода сейсмического микрорайонирования

Проявления физической нелинейности грунтов при сильных воздействиях мало исследованы. Были лишь отдельные работы в этой области [Николаев, 1967]. Объяснялось это, с одной стороны, сложностью проблемы, а с другой, – тем, что вклад нелинейности грунтов в формирование проявления землетрясений долгое время считался незначительным [Aki, 1988]. Анализ данных обследования ряда сильных землетрясений, происшедших в последние годы, показал, что влияние нелинейности может быть значительным. Это обусловило резкое изменение отношения к данной проблеме [Николаев, 1987; Заалишвили, 2000; Field et al., 1998; Zaalishvili, 2001].

Чтобы оценить нелинейные и поглощающие свойства грунтов, были проведены исследования на территории г. Тбилиси с помощью мощного вибрационного источника СВ-10/100. На основе инженерно-геологических данных были выбраны 6 участков с типичными инженерно-геологическими условиями.

С помощью источника СВ-10/100 в грунтовой толще возбуждались «сви́п» – сигналы в пределах 1-100 Гц и проводились наблюдения сейсморазведочного типа.

Длительность воздействия составляла 2 и 12 с. Колебания регистрировали аналоговой аппаратурой. Далее проводили оцифровку записей колебаний и строили амплитудные спектры Фурье (рис. 3). В качестве исходных параметров рассматривали максимальные амплитуды спектра, средневзвешенную частоту колебаний и площадь реального спектра колебаний грунтов. Кроме того, рассчитывали показатели нелинейности и «чистой» нелинейности, показатели поглощения и «чистого» поглощения (табл. 2), которые тесно связаны с грунтовым движением [Заалишвили, 2000].

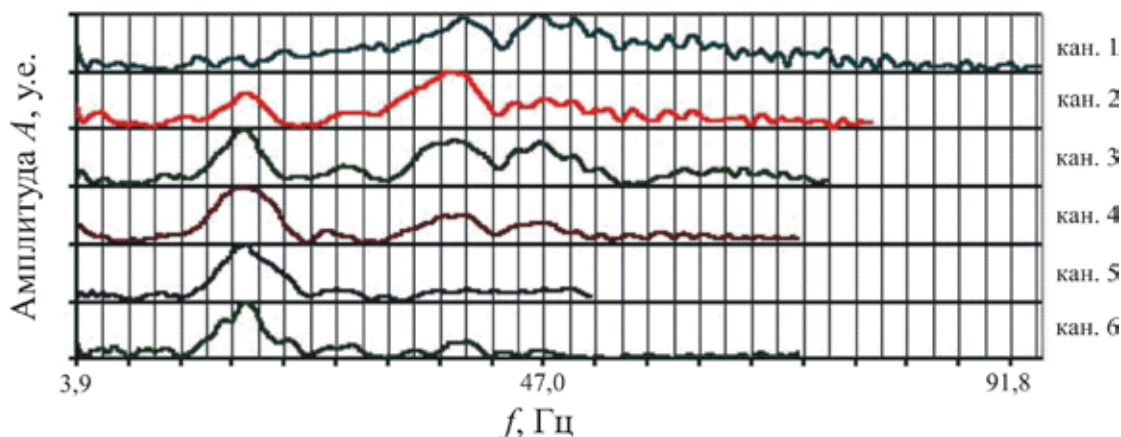


Рис. 3. Спектр колебаний грунта при «свит» – сигнале

Чтобы количественно оценить вариации нелинейности, попробуем использовать их тесную связь с величиной приращений интенсивности. С помощью соответствующих формул [Заалишвили, 2000] были рассчитаны приращения бальности (табл. 3). В качестве эталонного грунта в данном расчете рассматривались грунты участка №3. В качестве сопоставляемых данных использовали показатели колебаний грунтов ближней зоны источника.

Анализ данных показывает, что приращение интенсивности в скальных грунтах (участок №1), рассчитанное по формуле с индексом (1), составляет 0,7 балла. Приращение, полученное по формуле с индексом (2), составило всего 0,02 балла. Еще большая аномалия наблюдается для грунтов участка №2, представленных в виде озерно-болотных отложений. Здесь приращения интенсивности составляют 0,1 и 0,2 балла соответственно, т. е. формулы с индексами (1) и (2) здесь не «работают». С удалением от источника приращения интенсивности на канале 2, рассчитанные по обеим формулам, составляют 1,2 балла, для следующего пункта измерения (канал 3) – 1,6 и 1,4 балла и далее приращения начинают уменьшаться вплоть до отрицательных значений. Аналогичная картина наблюдается и для других участков.

В ближней зоне источника, т. е. в области с высоким уровнем воздействия спектр колебаний «растекается» в НЧ и ВЧ области спектра. С удалением от источника ВЧ составляющая колебаний грунтов поглощается, и средневзвешенная частота колебаний становится меньше. Этот эффект слабо заметен на скальных грунтах (табл. 2, участок №1) из-за малого поглощения и высокой частоты собственных колебаний скальных грунтов.

Таким образом, в области, примыкающей к источнику ($\Delta=1,5$ м), в нелинейных грунтах преобладают неупругие или остаточные деформации, которые не регистрируются инерционными сейсмоприемниками. С удалением от источника амплитуды

Таблица 2

Показатели колебаний грунтов при кратковременном воздействии

№ уч.	№ канала	Максимальная амплитуда спектра колебаний	Средневзвешенная частота колебаний	Показатель нелинейности	Показатель «чистой» нелинейности		Показатель поглощения	Показатель «чистого» поглощения	Коэффициент потерь
		A	$f_{св}$	S_p	$A \cdot f_{св}$	$S_p / f_{св}$	$S_p / A = S_n$	$S_n / f_{св}$	
1	1	590	54,4	10704,0	32096,0	196,8	18,1	0,3	0,3
	2	–	–	–	–	–	–	–	–
	3	73,4	63,6	1022,8	4668,2	16,1	14,0	0,2	0,2
	4	39,3	60,3	433,7	2369,8	7,2	11,0	0,2	0,2
	5	54,7	55,0	395,3	3008,5	7,2	7,2	0,1	0,2
	6	77,8	56,7	612,7	4411,3	10,8	7,9	0,1	0,1
2	1	894,0	39,0	29784,0	34866,0	763,7	33,3	0,9	0,7
	2	375,0	36,0	10709,5	13500,0	297,5	28,6	0,8	0,7
	3	130,0	30,3	3701,8	3939,0	122,2	28,5	0,9	0,4
	4	97,8	22,5	1354,2	2200,5	60,2	13,8	0,6	0,7
	5	55,1	22,3	708,8	1228,7	31,8	12,9	0,6	0,3
	6	34,6	20,3	412,3	702,4	20,3	12,0	0,6	0,2
3	1	772,0	42,1	22674,0	32501,2	538,6	29,4	0,7	0,6
	2	177,0	30,8	2792	5451,6	90,7	15,8	0,5	0,4
	3	57,2	23,4	584,6	1338,5	25,0	10,2	0,4	0,2
	4	46	25,4	510,4	1168,4	20,1	11,1	0,4	0,2
	5	87,7	23,7	879,3	2078,5	37,1	10,0	0,4	0,2
	6	87,1	23,0	654,4	2003,3	28,5	7,5	0,3	0,2
4	1	875,0	47,3	27690,0	40299,6	585,4	32,5	0,7	0,7
	2	211,5	39,8	4831,5	8417,7	121,4	22,8	0,6	0,4
	3	80,6	38,6	1903,2	3111,2	49,3	23,6	0,6	0,2
	4	51,8	32,9	921,0	1704,2	28,0	17,8	0,5	0,2
	5	50,6	26,2	584,7	1325,7	22,3	11,6	0,4	0,2
	6	33,6	27,8	387,6	934,1	14,0	11,5	0,4	0,2
6	1	1512	41,4	58568,0	62596,8	1414,7	38,7	0,9	0,8
	2	532,0	31,9	11758,0	16970,8	368,6	22,1	0,7	0,6
	3	115,6	24,8	1421,4	2866,9	57,3	12,3	0,5	0,2
	4	39,1	23,0	515,4	899,3	22,4	13,2	0,6	0,2
	5	37,9	24,4	419,2	924,8	17,2	11,1	0,5	0,1
	6	26,4	22,5	307,4	594,0	13,7	11,6	0,5	0,1

колебаний постепенно увеличиваются, т. к. неупругие колебания «трансформируются» в упругие (при этом частично поглощаясь), достигая этого состояния на расстоянии 11,5 м (канал № 3), где приращение интенсивности максимально.

Затем начинает преобладать процесс воздействия поглощения, который в слабых по величине выше, чем в средних или скальных грунтах. В частности, грунты участка № 6 в виде макропористых супесей, характеризуясь более высоким показателем поглощения, достигают линейно-упругого состояния уже на расстоянии 6,5 м. Таким образом, при использовании формул с индексами (1) и (2) необходимо удалять сейсмоприемники соответствующих каналов на расстояния порядка 5-12 м.

Приращения интенсивности можно определять и с помощью т. н. формул «неупругости» с индексами (3) и (4) [Заалишвили, 2000]. В них сопоставляются показатели движения грунтов в ближней и дальней зонах источника. Наибольшее приращение интенсивности наблюдается для грунтов участка № 6. Завышенное

Таблица 3

Приращения интенсивности грунтов

№ участка	№ канала	ΔI_1	ΔI_2	ΔI_3	ΔI_4
1	1	-0,7	-0,02	-0,7	-1,2
	2	-0,5	-1,6		
	3	-0,1	0,9		
	4	-0,7	0,5		
	5	-0,1	1,0		
	6				
2	1	0,2	0,1	0,8	1,6
	2	1,2	1,2		
	3	1,6	1,4		
	4	0,8	0,8		
	5	-0,2	-0,7		
	6	-0,4	-1,4		
3	1	–	–	–	–
	2	–	–		
	3	–	–		
	4	–	–		
	5	–	–		
	6	–	–		
4	1	0,2	0,3	0,8	1,4
	2	0,5	0,6		
	3	1,0	1,1		
	4	0,5	0,5		
	5	-0,4	-0,6		
	6	-0,5	-1,0		
6	1	0,8	0,9	1,8	2,7
	2	1,2	1,5		
	3	0,8	1,0		
	4	0,01	-0,3		
	5	-0,6	-1,1		
	6	-0,7	-1,6		
$\Delta I_1 = 2 \lg \frac{S_{pi}}{S_{p0}} \quad (1), \quad \Delta I_2 = 3 \lg \frac{A_i f_{cvi}}{A_0 f_{cv0}} \quad (2), \quad \Delta I_3 = 2,4 \lg \frac{S_{pi6} S_{p0д}}{S_{pid} S_{p06}} \quad (3),$ $\Delta I_4 = 3,3 \lg \frac{(A_i f_{cvi})_6 (A_0 f_{cv0})_д}{(A_i f_{cvi})_д (A_0 f_{cv0})_6} \quad (4).$					

значение приращения интенсивности (2,7 балла при использовании показателя «чистой» нелинейности в формуле с индексом (4)) обусловлено сильным поглощением в макропористых супесях для ближней и дальней зон источника. Кроме того, грунты участка №3 (глины п/тв, мощностью 4,5 м, подстилаемые галечниками и скальными грунтами) характеризуются в дальней зоне высоким значением показателя «чистой» нелинейности из-за выхода на поверхность волн, преломленных на подстилающих скальных грунтах. Тем не менее, среднее значение приращения интенсивности полученное по обеим формулам, составляет 2 балла, а для грунтов участков №2 и №4-1 балл и т. д.

Таким образом, при выборе эталонного участка (в случае использования мощных источников и динамических показателей движения) необходимо избегать участков с неоднородными грунтовыми условиями и близкими к поверхности под-

стилающими скальными грунтами. В то же время использование обеих формул «неупругости» позволяет путем осреднения получать физически обоснованные значения даже в таких «неблагоприятных» условиях.

Особый интерес представляет анализ вариаций показателя «чистого» поглощения. Видно, что этот показатель для скальных грунтов соответствует $S_n/f_{cb}=0,1-0,3$, для «средних» – $S_n/f_{cb}=0,3-0,7$ и для рыхлых или «слабых», характеризуемых высокой нелинейностью, $S_n/f_{cb}=0,6-0,9$. Максимальные значения S_n/f_{cb} характерны для ближней зоны источника, т. е. поглощение энергии для всех видов грунтов в ближней зоне наибольшее. В связи с этим интересно оценить значения коэффициента потерь η . Расчеты коэффициента потерь для грунтов проводили с помощью т. н. способа «ширины резонансной амплитуды» [Нашиф и др., 1988].

Сопоставление полученных данных (табл. 2) показывает, что показатель «чистого поглощения» весьма близок по значениям к коэффициенту потерь η особенно в скальных грунтах и меняется адекватно ему. Напрашивается вывод, что показатель «чистого» поглощения, очевидно, и есть коэффициент потерь. Вопрос этот, несомненно, требует дополнительных исследований.

Таким образом, показатели нелинейности, используемые в формулах приращений интенсивности, позволяют оценивать напряженно-деформированное состояние грунтов (линейная упругость, нелинейная упругость, неупругость). С другой стороны, если принять, что показатель «чистого» поглощения представляет собой коэффициент потерь, то это позволит широко использовать легко рассчитываемый показатель «чистого» поглощения для оценки многих задач инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства, а также повысить надежность получаемых данных. В частности, указанные показатели могут быть использованы при энергетическом расчете зданий, сооружений и т. д.

3. Применение корреляционных зависимостей для сейсмического микрорайонирования

При расчете с помощью существующих выражений интенсивности для участков с различными инженерно-геологическими условиями в неявной форме подразумевается учет особенностей поведения грунтов при сильных сейсмических воздействиях. Традиционно никак не учитывается при этом влияние собственно проявления уровня интенсивности сейсмического воздействия. Расчеты для 7-, 8-, и 9-балльных потенциально опасных участков основаны на принципе постоянства приращения интенсивности (относительно эталонного грунта, которому приписывается исходная сейсмичность). Другими словами, приращения интенсивности рассчитывают независимо от уровня ожидаемого сейсмического воздействия и, таким образом, известные эмпирические соотношения СМР, основанные на результатах инженерного макросейсмического изучения последствий разрушительных землетрясений, линейно отображают изменения прогнозируемой интенсивности.

Не менее важный вопрос – учитывать частотную избирательность грунтов при расчете приращения интенсивности. Если использовать невзрывные искусственные источники, то вопрос этот достаточно надежно можно решить оценивая параметры реакции грунтовой толщи на воздействие мощных импульсного и вибрационного источников с помощью соответствующих выражений. В указанные эмпирические зависимости входят соответствующие частотно-зависимые величины.

И, наконец, весьма заманчиво – решать практические задачи, непосредственно прогнозируя особенности нелинейного поведения грунтов при сильных динамиче-

ческих воздействиях [Заалишвили, Рогожин, 2011]. Отметим, что третий вопрос неотделим от первого, являясь составной частью оценки влияния интенсивности воздействия на результаты расчетов приращения интенсивности грунтов.

Предварительные итоги. Получен ряд эмпирических формул для расчета приращения интенсивности грунтов при СМР территории города или большой строительной площадки [Заалишвили, 2009]:

$$\Delta I = 2 \lg \frac{S_{p1}}{S_{p2}} \text{ (площадь виброспектров),} \quad (11)$$

$$\Delta I = 3 \lg \frac{\rho_1 V_1 \Delta V_1}{\rho_2 V_2 \Delta V_2} \text{ (тензочувствительность),} \quad (12)$$

$$\Delta I = 3 \lg \frac{\theta_1}{\theta_2} \text{ (постоянная составляющая),} \quad (13)$$

$$\Delta I = 3 \lg \frac{A_1 f_1}{A_2 f_2} \text{ (спектральная нелинейность),} \quad (14)$$

С помощью формулы (11) проведено большое число СМР территорий гг. Тбилиси, Ткибули, Кутаиси, Б. Сочи и площадок Нововоронежской АЭС. Формулы (13) и (14) успешно использовали при СМР территории Нововоронежской АЭС. Формула (12) весьма перспективна, но ее еще не использовали в практических работах. Разработанные подходы активно используются при решении научно-практических задач [Аракелян и др., 2008].

Формулы (12) – (14) – выражения, с помощью которых непосредственно сопоставляются показатели нелинейности грунтов. И строго говоря, они оценивают одну и ту же т. н. «чистую» нелинейность различными способами.

Выводы

Приведены корреляционные взаимосвязи между линейными и нелинейными характеристиками грунтов, установленные по данным записей колебаний различных грунтов, зарегистрированных при сильном Рачинском землетрясении 1991 года (Грузия) и результатам специальных исследований.

Рассмотрен физический смысл введенного автором показателя тесно связанного с поглощением и физической нелинейностью грунтов в виде площади подспектральной области нормализованного и реального спектров колебаний грунтов.

Установлено соответствие особенностей изменения показателей динамического поведения грунтов (динамической жесткости грунта) и площади нормализованного и реального спектра грунтовых колебаний.

Показатель «чистого» поглощения в виде отношения нормализованного спектра к частоте колебаний фактически представляет собой коэффициент потерь.

Показано, что в зависимости от уровня воздействия и прочности грунтов вполне отчетливо проявляются нелинейность и неупругость грунтов. Это обуславливает возможность относительных количественных оценок степени нелинейности и неупругости грунтов. На основе исследования получены эмпирические соотношения для надежной и физически обоснованной дифференциации грунтов по их сейсмическим свойствам.

Установлено, что показатели нелинейности в формулах приращений интенсивности позволяют оценивать напряженно-деформированное состояние грунтов (линейная упругость, нелинейная упругость, неупругость).

Это позволит широко использовать легко рассчитываемый показатель «чистого» поглощения при решении многих задач инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства, а также повысить надежность получаемых данных. В частности, указанные показатели поглощения могут быть использованы при энергетическом расчете зданий, сооружений и т. д.

Литература

1. Аракелян А.Р., Заалишвили В.Б., Макиев В.Д., Мельков Д.А. К вопросу сейсмического районирования территории республики Северная Осетия-Алания // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А, Заалишвили В.Б. (редактор), Владикавказский научный центр РАН и РСО-А. 2008. С. 263-278.
2. Дон Лит Л. Сейсмическое действие взрыва. М.: Госгортехиздат, 1963. 86 с.
3. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование на основе изучения нелинейных свойств грунтов искусственными источниками. Автореф. дис. ... докт. физ.-мат. наук. М.: МГУ, 1996.
4. Заалишвили В.Б. Инструментальный метод сейсмического микрорайонирования, Владикавказ, 1997. 76 с.
5. Заалишвили В.Б. Физические основы сейсмического микрорайонирования. М.: ОИФЗ РАН, 2000. 367с.
6. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. – М.: – Наука, 2009. 350 с.
7. Заалишвили В.Б., Рогожин Е.А. Оценка сейсмической опасности территории на основе современных методов детального районирования и сейсмического микрорайонирования // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2011. №3. С. 31-43.
8. Нашиф А., Джоудж Д., Хендерсон Дж. Демпфирование колебаний. М.: Мир. 1988. 448 с.
9. Николаев А.В. Сейсмические свойства рыхлой среды // Изв. АН СССР. Сер. физика Земли. 1967. С. 23-31.
10. Николаев А.В. Проблемы нелинейной сейсмологии. // Проблемы нелинейной сейсмологии М.: Наука. 1987. С. 5-20.
11. Онофраш Н.И. Статистические методы картирования сейсмической опасности. Кишинев: Штиинца, 1981. 86 с.
12. Шебалин Н.В., Бузрукова Д.И. Затухание сейсмических сотрясений и добротность среды. Оценка эффекта сильных землетрясений // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 30. М.: Наука, 1989. С. 63-72
13. Aki K. Local site effects on strong ground motion / L. Von Thun. Ed. Earthquake Engineering and Soil Dynamics, II Recent Advances In Ground Motion Evaluation // Amer. Soc. of Civil Engineers. Geotechnical Special Publication. 1988. No. 20. Pp. 103-155.
14. Field E. H., Kramer S., Elgam A. W. et al. Nonlinear Site Response: Where we're at (a report from a SCEC/PEER seminar and workshop) // Seismol. Res. Lett. May/June

1998. Vol. 69. No 3.

15. Heikelom W., Foster C.R. Dynamic testing of pavements // J. of the Structural Division: Proc. of the American Soc. of Civil Engineerings, SM 1, Feb. 1960. Pp. 2368-2373.

16. Knopoff L.Q. Scattering of shear waves by spherical obstractles // Geophysics. 1959. Vol. 24. Pp. 209-219.

17. Kumbasar V., Erguvanli A. The damping characteristics of cohesive soils Determined experimentally // Proc. of 5th European Conf. on Earthquake Eng. Vol. 1. Istanbul, 1975.

18. Mohammad Q. Attenuation properties of viscoelastic material // PA GEOPH. 1989. Vol. 131. No 4. Pp. 703-713.

19. Nikolaev A. V. Scatterins and dissipation // Appl. Geophys. 1989. Vol. 131. N 4. Pp 687-702.

20. Seale S.H., Archuleta, Ralph Site amplification and attenuation of strong ground motion // J.Bul. Seismol. Soc. Amer. 1989. Vol 79, No 6. Pp. 1673-1696.

21. Zaalishvili V. Strong motion in absorbing nonlinear medium and problems of their registrationю strong motion instrumentation for civil engineering structures. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. – Istanbul, 2001, pp. 611-621.

INTERRELATIONS BETWEEN THE LINEAR AND NONLINEAR CHARACTERISTICS OF SOILS ACCORDING TO INSTRUMENTAL DATA

© 2014 V.B. Zaalishvili, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.

Center of Geophysical Investigations VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov st.,
Vladikavkaz, 363002, Rossia, E-mail: vzaal@mail.ru

In the work the correlation interrelations between the linear and nonlinear characteristics of soils, established according to the data of the records of the fluctuations of different soils, registered with strong Rachinskiy earthquake of 1991 (Georgia) and to the results of special studies is given.

Is examined the physical sense of the introduced by the author index, closely related to the absorption and the physical nonlinearity of the soils in the form of the area of the under spectra region of the normalized and real oscillation spectra of soils. The correspondence of the special features of a change in the indices of the dynamic behavior of soils (dynamic hardness of soil) and area of the normalized and real spectrum of ground of fluctuations is established.

It is shown that depending on the level of action and strength of soils the relative quantitative assessment of the degree of nonlinearity and inelasticity of soils completely distinctly is manifested and can be produced. This made it possible to obtain empirical relationships for the reliable and physically substantiated differentiation of soils according to their seismic properties.

Key words: correlations, soils, dynamic hardness, absorption, nonlinearity, inelasticity, the area of spectrum, the differentiation of the soils.

УДК 550.551

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ МЕТОДАМИ ГЕОДЕЗИИ И ГЕОФИЗИКИ

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

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

Защита атмосферы Земли – это вопрос морали, потому что, повреждая природную среду, человек наносит ущерб той или иной части общества, а также оказывает неблагоприятное воздействие на другие жизненные формы, тем самым сокращая биоразнообразие.

Ключевые слова: атмосфера, озоновый слой, тропосфера.

Чтобы успешно прогнозировать природные изменения и сводить до минимума вредное воздействие человека на природу, необходимо глубоко понимать факторы, определяющие ход геологических процессов на поверхности Земли. Нарушение равновесного состояния атмосферных слоев могут оказать катастрофическое воздействие на человеческую жизнедеятельность, когда на людей обрушиваются землетрясения, наводнения или вулканические извержения.

Озоновый слой – часть атмосферы на высоте от 12 до 50 км (в тропических широтах 25-30 км, в умеренных 20-25, в полярных 15-20), в которой под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца молекулярный кислород (O_2) диссоциирует на атомы, которые затем соединяются с другими молекулами O_2 , образуя озон (O_3).

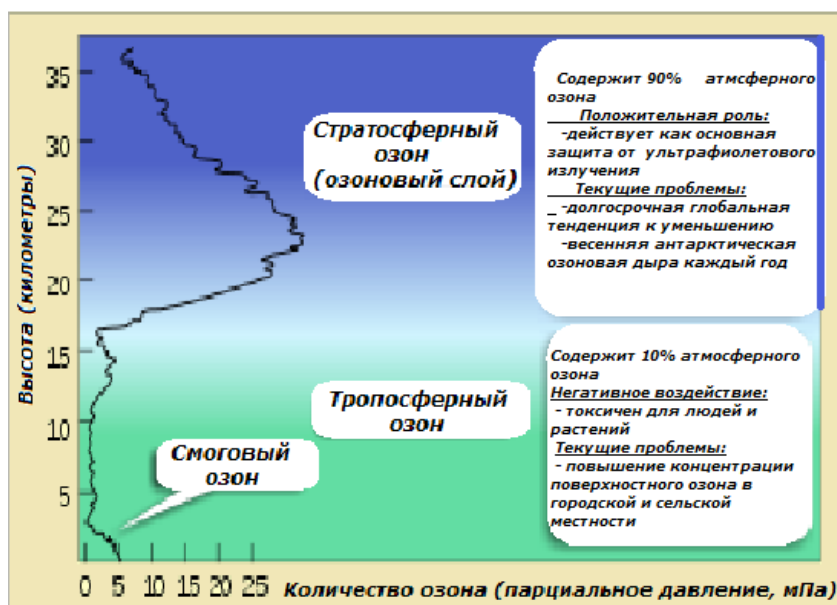


Рис. 1. Озоновый слой в атмосфере.

Относительно высокая концентрация озона (около 8 мл/м^3) поглощает опасные ультрафиолетовые лучи и защищает все живущее на суше от губительного излучения. Более того, если бы не озоновый слой, то жизнь не смогла бы вообще выбраться из океанов, и высокоразвитые формы жизни типа млекопитающих, включая человека, не возникли бы. Наибольшая плотность озона встречается на высоте около 20-25 км, наибольшая часть в общем объеме – на высоте 40 км. Если бы можно было извлечь весь озон, находящийся в атмосфере, и сжать под нормальным давлением, то в результате вышел бы слой, покрывающий поверхность Земли толщиной всего 3 мм. Для сравнения, вся сжатая под нормальным давлением атмосфера составляла бы слой в 8 км (рис. 1).

Реакции образования озона: $\text{O}_2 + h\nu \rightarrow 2\text{O}$, $\text{O}_2 + \text{O} \rightarrow \text{O}_3$. Фотолиз молекулярного кислорода происходит в стратосфере под воздействием ультрафиолетового излучения с длиной волны 175-200 нм и до 242 нм. Озон расходуется в реакциях фотолиза и взаимодействия с атомарным кислородом: $\text{O}_3 + h\nu \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$, $\text{O}_3 + \text{O} \rightarrow 2\text{O}_2$ (рис. 2).

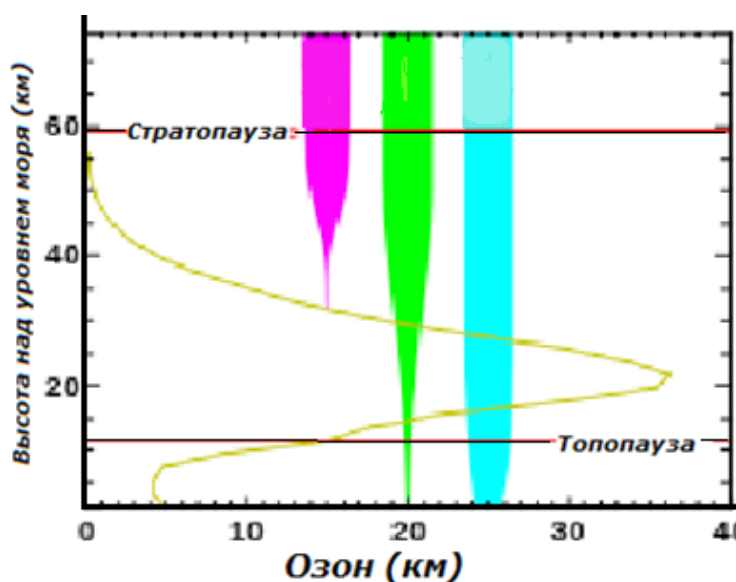


Рис. 2. Абсорбция ультрафиолетового излучения озоновым слоем.

Имеется целый ряд других реакций, приводящих к гибели озона. Эти реакции объединяют в несколько семейств, главными из которых являются азотное, водородное и хлорное. Эти реакции представляют собой каталитические циклы, поэтому их также называют соответствующими циклами:

1) Азотный цикл (NO_x): $\text{N}_2\text{O} + \text{O} \rightarrow \text{NO} + \text{NO}$, $\text{O}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$; $\text{N}_2\text{O} + \text{O} \rightarrow \text{NO} + \text{O}_2$

2) Водородный цикл (HO_x): $\text{H}_2\text{O} + \text{O} \rightarrow \text{OH} + \text{OH}$, $\text{OH} + \text{O}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$;

$\text{H}_2\text{O} + \text{O}_3 \rightarrow \text{OH} + 2\text{H}_2$

3) Хлорный цикл (ClO_x): $\text{CFCl} + h\nu \rightarrow \text{CFCl}_2 + \text{Cl}$, $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$, $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$.

Ошибочно полагая, что можно сохранить озоновый слой без систем, выделяющих кислород, и не оберегая эти системы, человечество вновь выбрало ложный и смертельно опасный путь. Всем известно о проблеме «озоновых дыр», из-за которых «может погибнуть все живое на Земле». Озвучивается эта проблема так: в атмосфере Земли есть некий озоновый слой, который защищает Землю от ультрафиолетового излучения Солнца. Но из-за сортов газа фреона, используемого в холодильных агрегатах и спреях, которые содержат хлор и бром, в озоновом слое

появляются дыры, через которые Солнце испепелит на земле все живое ультрафиолетовым излучением [Ларин, 2000].

Вспомним, что атмосфера Земли, то есть воздушная среда, содержит 78,1% азота, 21% кислорода, 0,93% аргона, 0,03% углекислого и 0,01% других газов. Молекула кислорода представляет собой два соединенные между собой атома, как два шарика, скрепленные вместе. Но если молекулу кислорода подвергнуть интенсивному облучению, к примеру, электрической дугой, молнией или излучению ультрафиолетовым спектром солнечного света, то три молекулы двухатомного кислорода вступают в реакцию друг с другом и образуют две молекулы кислорода, в которых уже не по два, а по три атома. Этот трехатомный кислород называется озоном.

Первое, что отсюда следует, – не озон защищает Землю от ультрафиолета, а обычный двухатомный кислород, озон же – побочный продукт этой защиты. Если убрать из атмосферы весь озон, но пока Солнце светит, оставшийся кислород будет защищать Землю, при этом кислород, защищая Землю от ультрафиолетового света, будет образовывать озон.

Когда речь идет о таком светозащитном материале, как стекло или иной полупрозрачный материал, то он отражает солнечную энергию в воздух, поэтому сам не сильно греется. Но озоносфера это и есть воздух, ей некуда отразить тепло, кроме как в саму себя, озоносфера может только принять на себя всю энергию задержанного ею ультрафиолетового излучения.

Процесс превращения кислорода в озон самопроизвольно протекать не может, для его осуществления необходима затрата энергии. Следовательно, озоновый слой в атмосфере Земли может существовать только потому, что Солнце дает кислороду энергию для образования озона. Потухнет Солнце, исчезнет озоновый слой, как он исчезает над Антарктидой в условиях полярной ночи. Отсюда следует вывод о том, что надо беспокоиться об атмосферном кислороде, как об исходном материале для устойчивого функционирования озонового слоя.

Количество свободного (не находящегося в составе химических соединений) кислорода (O_2), образовавшегося и поддерживаемого в результате фотосинтеза можно определить по формуле:

$$P_B = \sum_{i=1}^n S_{\sigma i} V_i, \quad (1)$$

где P_B – воспроизводство кислорода, т/год; $S_{\sigma i}$ – площадь i -ого биоценоза, га (смешанный лес – 1000-1500 кг/год, пашня – 500-600 кг/год, пастбище – 400-500 кг/год, водная поверхность – 100 кг/год, растительность – 80-100 кг/год); V_i – ежегодное производство кислорода i -ым растительным сообществом с одного, га.

Поступление кислорода в атмосферу Земли в результате фотосинтеза ежегодно составляет 240-300 млрд. тонн. Организмы биосферы расходуют на дыхание 90% этого количества. Оставшиеся 10%, т. е. 24-30 млрд. тонн расходуется промышленностью и транспортом. Техногенные аварии, войны, испытание различных видов оружия, использование интернета, бесконтрольное увеличение транспорта (одна транспортная единица в среднем в год сжигает 40 тонн O_2), а также большие темпы развития промышленности – все эти факторы наносят колоссальный ущерб кислородовыделяющим природным системам. Если не ограничить и не изменить технологию сжигания горючих ископаемых, то содержание кислорода в атмосфере снизится с 21% до 8%.

Баланс воспроизводства кислорода данного региона рассчитывается по формуле:

$$B_K = 0,04 P_B - (P_H + P_D), \quad (2)$$

где P_B – региональное воспроизводство кислорода, $m/год$; P_H – фактическое потребление кислорода предприятиями региона, $t/год$; P_D – фактическое потребление кислорода населением (один человек в сутки потребляет 15 кг O_2) региона, $t/год$.

Атмосфера образует хорошо выраженные слои вокруг Земли. Эти слои удивительно похожи по химическому составу, но чем выше располагается каждый следующий слой, тем меньше его плотность. Внутри каждого слоя также наблюдаются значительные перепады температуры в зависимости от высоты. В самом нижнем слое, который называется тропосфера, существует жизнь, в нем под действием солнечного тепла меняется погода. Солнечные лучи проходят сквозь атмосферу и нагревают поверхность Земли, воздух начинает перемещаться, а вода испаряется или конденсируется. Благодаря этому образуются различные климатические пояса. Губительные ультрафиолетовые лучи задерживаются озоновым слоем, тонким слоем газа в стратосфере.

Самый нижний атмосферный слой – тропосфера, где воздух движется вертикально и горизонтально, а также происходит интенсивное смешивание воздушных потоков. Температура воздуха уменьшается с высотой. Поднимаясь вверх, теплый воздух теряет часть энергии и охлаждается. Поднимаясь все выше и выше, теплый воздух постепенно охлаждается, но, достигнув температуры и плотности окружающей атмосферы, останавливается. Это первый уровень из тех, что разделяют земную атмосферу на несколько различных слоев. На этом уровне заканчивается тропосфера и начинается стратосфера. Выше находится мезосфера и термосфера. Еще выше термосферы температура достигает $1000^\circ C$ из-за поглощения ультрафиолетового излучения. Это самый верхний атмосферный слой постепенно переходит в безвоздушное пространство (то есть в космос), поэтому у земной атмосферы нет четко выраженной верхней границы.

Атмосферные открытия продолжаются, причем весьма неожиданные – в 1993 г. обнаружено, что в нижних слоях земной атмосферы (на высоте около 3 км) протекают настоящие «реки, водяных паров, по объемам водосброса способные соперничать с Амазонкой». До этого никто и представить себе не мог, что водяной пар способен образовывать в атмосфере относительно узкие и чрезвычайно длинные полосы. Оказалось, что эти потоки влаги шириной 700-800 км и длиной до 8000 км являются основным механизмом перемещения воды из экваториальных областей к полюсам. Объем перемещаемой ими воды составляет около 165 000 тонн в секунду. Пока обнаружено пять атмосферных рек в северном полушарии и пять в южном, причем каждая имеет свои характерные особенности. Несмотря на то, что количество и «география» подобных рек, а тем более «притоков», почти неизвестны, уже они применяются в целях модификации погодных условий.

Чтобы принять своевременные меры к защите населения и растений от воздействия загрязненного воздуха, вводится показатель качества воздуха (индекс загрязнения атмосферы). В расчетах этого показателя применяют формулу:

$$ИЗА = \sum_{i=1}^n \left(\frac{g_i}{ПДК_i} \right)^{K_i}, \quad (3)$$

где g_i – фактическое количество отдельно взятого загрязненного вещества в одном кубическом метре воздуха; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация каждого загрязняющего вещества, присутствующего в анализируемом воздухе, $mg/$

m^3 ; K_i – степенная функция, позволяющая соотнести i -ю загрязняющую примесь к определенному классу опасности: $K_i = 1,5$ (первый класс опасности), $K_i = 1,3$ (второй класс опасности), $K_i = 1,0$ (третий класс опасности), $K_i = 0,9$ (четвертый класс опасности).

Экономическая оценка ущерба, причиняемого годовым выбросом загрязнений в атмосферный воздух для всякого источника, определяется по формуле:

$$Y_A = \alpha OKM, \quad (4)$$

где Y_A – экономический ущерб, руб./год; α – константа, численное значение которой равно 48, руб./усл. т; O – показатель, характеризующий относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от типа территории; K – коэффициент, учитывающий характер рассеивания примеси в атмосфере; M – приведенная масса годового выброса загрязнения из источника, рассчитывается по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n A_i m_i, \quad (5)$$

где m_i – масса годового выброса примеси i -го вида в атмосферу, т/год; A_i – показатель относительной агрессивности примеси i -го вида, усл. т/год; N – общее число примесей, выбрасываемых источником в атмосферу.

Значение коэффициента K определяется в соответствии с подпунктами *a*, *b*, *в*:

a) Для газообразных примесей и легких мелкодисперсных частиц с очень малой скоростью оседания (менее 1 см/сек.) принимается

$$K_i = \frac{100(m)}{100(m) + Uh} \cdot \frac{4(m/сек.)}{1(m/сек.) + I}, \quad (6)$$

где h – геометрическая высота устья источника по отношению к среднему уровню загрязняющего атмосферу источника, м; U – поправка на тепловой подъем факела выброса в атмосферу, вычисленная по формуле

$$U = I + \frac{\Delta T}{75^\circ C};$$

ΔT – среднегодовое значение разницы температур в устье источника (трубы) и в окружающей атмосфере на уровне устья; I – среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, м/сек.

Важным показателем устойчивости природной среды является состояние поверхностного почвенного слоя Земли. На первом месте этого оценочного показателя указывается эрозия, то есть разрушение горных пород и почв ветрами, льдами и водными потоками, что приводит к сглаживанию неровностей или расчленению рельефа, смыву плодородного слоя. Эрозия уменьшает площадь пашни, снижает плодородные почвы, затрудняет обработку полей, разрушает дороги и другие сооружения.

При определении ущерба от эрозии земельных ресурсов необходимо учитывать следующие показатели:

- площадь эродированных земель;
- среднюю глубину плодородного слоя (А+Б), устанавливаемого, исходя из его мощности, по основным типам несмытых почв.

В ходе исследований установлено, что по сравнению с несмытыми почвами на слабоэродированных угодьях теряется 25% гумусного горизонта А, на средних по

эродированности почвах – 75%, на сильноосмытых – весь горизонт А и 75% горизонта Б, а на площади оврагов – весь гумусовый слой горизонтов А и Б.

Полный прямой годовой ущерб от ветровой эрозии можно определить по формуле:

$$Q_g = \frac{3,62 \cdot 1250 \cdot t(V_{cp.})^3}{(18,5)^3 \cdot L \cdot N}, \quad (7)$$

где Q_g – вес потерь почвы от эрозии на один га; 3,62 – максимальная величина переноса мелкозема в пылевоздушном потоке шириной в один см при скорости ветра 18,5 м/сек.; 1250 – коэффициент пересчета с 80% на 100% мелкозема, отчужденного за пределы полей, соответственно скорректированный с учетом конечного выражения результата, т/га; t – число часов с пыльной бурей за год, равное произведению числа дней с пыльными бурями в год на среднюю продолжительность бури, час.; $V_{cp.}$ – средняя скорость ветра во время пыльных бурь в данном регионе, м/сек.; N – периодичность пыльных бурь; L – среднее расстояние переноса мелкозема во время пыльных бурь (м), которое определяется по формуле:

$$L = \frac{L_1 S_1 + L_2 S_2 + \dots + L_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (8)$$

где S_1, S_2, \dots, S_n – площади почв различного механического состава, га; L_1, L_2, \dots, L_n – расстояния переноса мелкозема при данном механическом составе почв, м.

б) Для частиц, оседающих со скоростью до 20 см/сек., принимается

$$K_2 = \left(\frac{1000(m)}{60(m) + Uh} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{4(m/сек.)}{1(m/сек.) + 4}, \quad (9)$$

в) Для частиц, оседающих со скоростью свыше 20 см/сек., принимается $K_3 = 10$, независимо от значений $h, U, \Delta T, U$ [Орленок, 2000; Чернышев, 2002].

Величина K_1 принимается при расчетах ущерба от выбросов газообразных соединений, а также от пылевых выбросов, поступающих в атмосферу после аппаратов тонкой очистки.

Величина K_2 принимается при расчетах ущерба от пылевых выбросов, поступающих в атмосферу после аппаратов средней очистки.

Величина K_3 не зависит от высоты трубы и температуры отходящих газов и равна 10.

Степень воздействия человеческого фактора на устойчивое состояние земельных ресурсов, характеризуется следующими динамическими показателями [Сойер, 1993]:

- Стабильные – скорость увеличения площадей нарушенных земель менее 0,5% в год;
- Умеренно динамичные – площади нарушенных земель увеличиваются до 2% в год (возможно полная смена биогеоценотического покрова за 50-100 лет);
- Средне динамичные – площади нарушенных земель увеличиваются до 3% (возможно полная смена экосистем в течение 30-50 лет);
- Сильно динамичные – площади нарушенных земель увеличиваются более 4% в год (полная смена экосистем возможна за 25 лет).

В инженерно-геодезическом отношении очень важно определить способность некоторых пород давать просадку, то есть деформироваться под влиянием увлажнения.

нения и уменьшать свой объем. Наиболее отчетливо эта особенность выражена у лёссов и лёссовидных суглинков. Просадка лёссовых пород вызывает неравномерную осадку сооружений, что приводит к деформации фундаментов. Образованию в стенах сооружений трещин, неравномерному наклону сооружений, нарушению работы находящихся в зданиях механизмов.

Просадки возникают в результате увлажнения пород, в частности при подъеме уровня грунтовых вод под фундаментами сооружений, при наводнениях, землетрясениях и т. д.

В строительных нормах и правилах рекомендуется характеризовать просадочность толщ лёссовых пород величиной S , которая определяется по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n \sigma_{np.i} + H_i + m, \quad (10)$$

где $\sigma_{np.i}$ – относительная просадочность породы, определяемая для каждого слоя лёссовой породы, см; H_i – толщина каждого слоя, см; n – число слоев в разрезе; m – коэффициент, принимаемый равным 2 в пределах слоя толщиной 1,5 в, где v – наименьший размер фундамента. Относительная просадочность каждого слоя $\sigma_{np.i}$ определяется по формуле:

$$\sigma_{np.i} = \frac{h - h'}{h_0}, \quad (11)$$

где h – высота образца пород с естественной влажностью обжатого давлением P_i в условиях невозможности бокового расширения; h' – высота того же образца после пропуска через него воды при сохранении того же давления; h_0 – начальная (до обжатия) высота образца породы с естественной влажностью и структурой; P_i – давление от веса сооружения и собственного веса породы.

Для определения степени просадочности следует пользоваться показателем просадочности, определяемым по формуле:

$$M = \frac{S_3}{S_n}, \quad (12)$$

где S_3 – осадка опытного штампа после замачивания породы при данном давлении; S_n – осадка штампа до замачивания.

Основной вывод, вытекающий из данной статьи: любое нарушение естественных форм рельефа местности искажает движение потоков ветра, что способствует сокращению растительного покрова, а, следовательно, вызывает эрозию почвы. Кроме того идет процесс осаждения на неровностях рельефа тяжелых металлов, которые связывают биологические компоненты, изменяя жизнедеятельность микроорганизмов почвы.

Литература

1. Ларин И.К. Журнал «Химия и жизнь – XXI век», № 7, 2000 г.
2. Орленок В.В. Основы геофизики: учебное пособие – Калининград, 2000 г.
3. Сойер К. Климатология: данные наблюдений из космоса говорят о существовании рек в атмосфере // Вашингтон пост, 1993 г.
4. Чернышев С.Н. Задачи и упражнения по инженерной геологии. – М.: Высшая школа, 2002 г.

ANALYSIS OF THE STEADY STATE OF THE EARTH'S ATMOSPHERE BY THE METHODS OF GEODESY AND GEOPHYSICS

© 2014 T.A. Keloev^{1,2}, Dr. Techn. Sci., Prof., I.N. Gudieva²

¹Center of Geophysical Investigations VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov st., Vladikavkaz, 363002, Russia, E-mail: cgi_ras@mail.ru; ²North-Caucasian Mining & Metallurgical Institute (State Technological University), 44, Nicolaeva st., Vladikavkaz, 363002, Russia, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

The protection of the Earth's atmosphere – this is a question of morals, because, damaging natural medium, man does damage to one or other part or of the society, and also exerts unfavorable influence on other vital forms, thus reducing bio diversity.

Key words: the atmosphere, ozone layer, the troposphere.

УДК 621.47

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ ОБЪЕМНОГО РЕЗОНАТОРА СВЧ

© 2014 Е.Н. Козырев, д.т.н., проф., А.Г. Симакин, к.т.н.

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

В статье рассмотрены результаты исследования генераторов сверхвысоких частот на волнах типа H_{01} и ТЕМ (поперечная электромагнитная волна), используемых в качестве датчиков для регистрации и измерения слабых сейсмических колебаний.

Приведены зависимости отдельных характеристик сейсмоприемников на основе объемных резонаторов на волнах типов H_{01} и ТЕМ.

Ключевые слова: объемный резонатор СВЧ, датчик малый перемещений, сейсмический преобразователь.

При рассмотрении требований, предъявляемых к сейсмическим преобразователям (СП), а также при использовании в сейсмологии идеологических и технических решений, проведенными исследованиями было показано, что создание высоконадёжного широкополосного и простого СП 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. Конструктивные особенности резонаторов при кольцевых токах волны H_{01} приводят к работе на «чистой» волне типа H_{01} .

Колебательная система генератора включает высокодобротный цилиндрический резонатор, возбуждаемый на виде колебаний типа H_{011} , и связанный с резонатором отрезок коаксиальной линии. Активный элемент (лавинно-пролетный диод типа ЗА707Б) установлен на конце коаксиального отрезка и на другом конце установлена согласованная нагрузка.

Рассматриваемый генератор имеет фиксированную настройку. Резонансная частота колебательной системы определяется неизменным расстоянием между торцевыми стенками цилиндрического резонатора. Все элементы конструкции резонатора выполнены из инвара – материала с низким коэффициентом температурного расширения.

Оценка долговременной стабильности частоты проводилась путем многократных и длительных измерений значения разности частот двух идентичных генераторов. Генераторы подключались к развязанным плечам трехдецибельного волноводно-щелевого моста. К двум другим плечам подключались согласованная нагрузка

и смеситель. Разностная частота измерялась цифровым частотомером. Электрическое питание обоих диодов осуществлялось от одного стабилизированного источника напряжения.

Было установлено, что после соответствующего прогрева, обеспечивающего установление состояния термодинамического равновесия, изменение разностной частоты системы в течение длительного времени (длительность процесса измерения составляла не менее 24 часов) не превышает $\pm 1,5$ кГц.

Столь высокая стабильность частоты позволяет использовать рассматриваемый генератор в качестве весьма чувствительного датчика в самых разнообразных измерительных системах. Любое внешнее воздействие, способное изменить резонансную частоту колебательной системы, может быть зарегистрировано и измерено. Используемая при оценке стабильности частоты используется схема включения двух генераторов, где один генератор является опорным, а другой выполняет функции датчика, может быть успешно применена при исследовании слабых сигналов природно-техногенной природы, например, сейсмической активности.

Торцевая стенка цилиндрического резонатора, работающего на виде колебаний H_{01} , не имеет контакта с цилиндрическим корпусом, что позволяет сравнительно просто обеспечить перемещение этой стенки относительно корпуса за счет внешних воздействий. Устройство подобного датчика малых перемещений схематиче-ски показано на рис. 1.

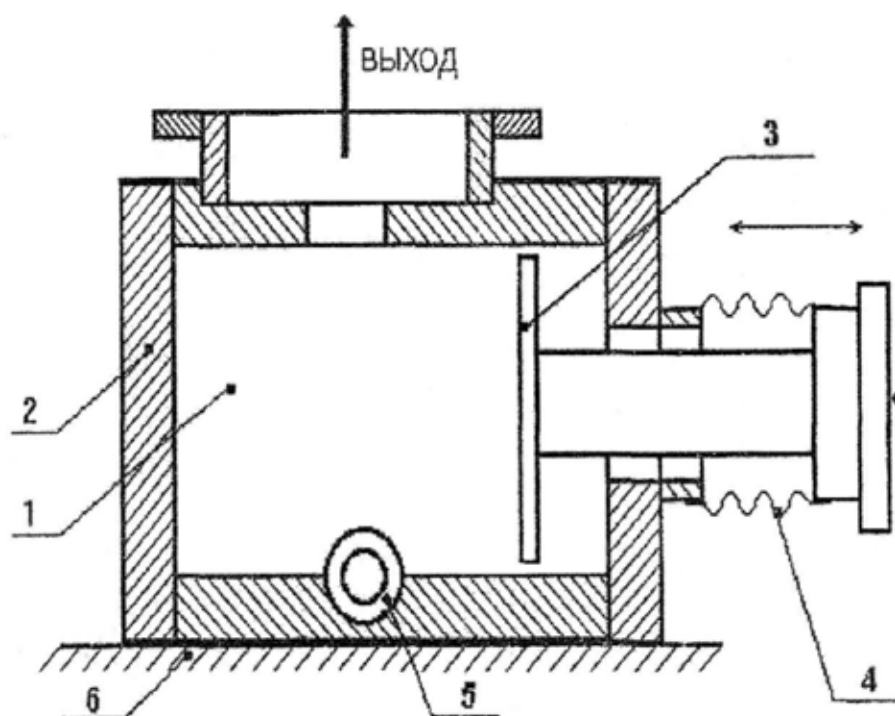


Рис. 1. Схема устройства датчика малых перемещений

1 – резонатор; 2 – неподвижная стенка; 3 – подвижная стенка; 4 – сильфон; 5 – коаксиальная линия; 6 – основание

Крутизна перестройки цилиндрического резонатора на виде колебаний H_{011} определяется соотношением:

$$\frac{df}{dl} = -0,82\alpha(4 + 2,69\alpha^2)^{-0,5} cl^{-2}, \quad (1)$$

где c – скорость света, l – длина резонатора, α – отношение радиуса резонатора к его длине.

Таким образом, с помощью рассматриваемого датчика можно уверенно регистрировать колебания торцевой стенки с амплитудой 0,1 мкм и менее.

Разработанный метод регистрации механических колебаний с малыми амплитудами может быть эффективно использован для решения разнообразных задач, например, при исследованиях сейсмической активности и оценке эффективности сейсмозащитных мер, при проведении сейсморазведки месторождений нефти и газа и т.п. Однако наиболее перспективно применение рассматриваемого датчика при создании региональных систем изучения сейсмической активности и прогнозирования землетрясений. Подобная система может содержать множество автономно работающих в различных точках региона датчиков, информация от которых будет поступать в единый обрабатывающий аналитический центр.

Основные трудности, возникающие при практическом использовании вида колебаний H_{011} в цилиндрическом резонаторе, связаны с подавлением других видов колебаний, которые могут возбудиться в цилиндрическом резонаторе, поэтому при выборе размеров полого резонатора (выборе отношения L/R) основным критерием является максимальное разделение частот рабочего H_{011} и ближайших видов колебаний.

Основным достоинством рассматриваемого типа волны является очень высокая добротность резонатора Q_0 , которая на практике может достигать до 10^5 для получения высокой стабильности частоты.

Перестройка разностной длины волны при волне H_{01} осуществляется 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 преобразователя для систем регистрации и измерения слабых (с субмикронными амплитудами) сейсмических колебаний был разработан и создан высокостабильный твердотельный генератор трехсантиметрового диапазона длин волн [Козырев, Симакин. 2007].

На рисунке 2 представлено схематичное изображение чертежа конструкции генератора. Генератор содержит цилиндрический объемный резонатор, возбуждаемый на виде колебаний H_{011} , и расположенную перпендикулярно оси резонатора диодную секцию, состоящую из отрезка коаксиальной линии, на одном конце которой включен ЛПД (лавинно пролетный диод), а на другом – стабилизирующая согласованная нагрузка. Использование бесконтактных короткозамыкающих поршней – передвижного настроечного и неподвижного термокомпенсатора – позволило обеспечить работу генератора на виде колебаний H_{011} и получить низкий уровень шумов и высокую стабильность частоты. Испытания этого генератора показали возможность получения уровня шумов и стабильности частоты, удовлетворяющих требованиям таких СВЧ устройств, как гетеродины систем связи, измерительные генераторы и т.д. [Богомолов, 1997].

Подключение генератора к внешней нагрузке осуществляется с помощью отрезка волноводной линии передачи 5 [Богомолов, 1997; А.с. № 862794 РФ. 1979].

Внешний вид серии разработанных генераторов, работающих на частотах $f_{ген. ср} = 8,25, 10,1, 12,4 ГГц$, показан на рисунке 3.

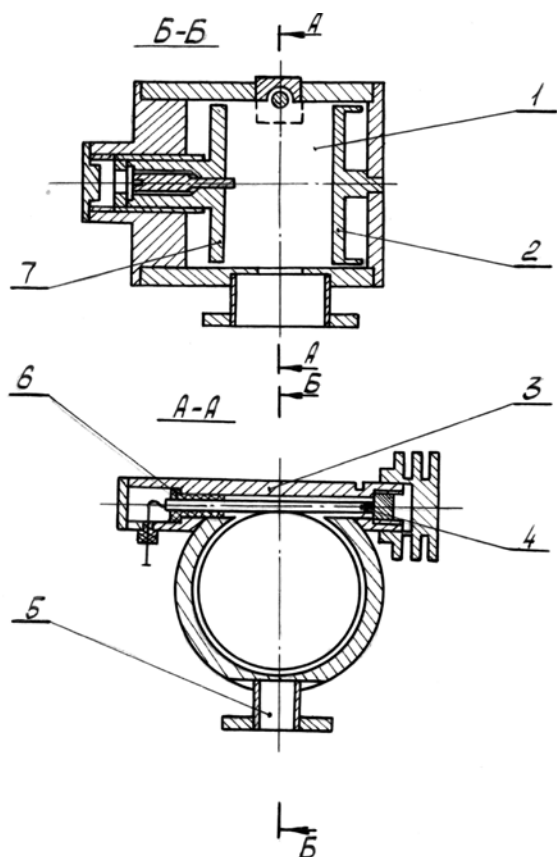


Рис. 2. ГЛПД (генератор на лавинно-пролетном диоде) с низким уровнем шума и высокой стабильностью частоты.
 1 – цилиндрический резонатор, 2 – бесконтактный поршень, 3 – диодная секция, 4 – ЛПД, 5 – вывод энергии, 6 – стабилизирующая согласованная нагрузка, 7 – термокомпенсатор.

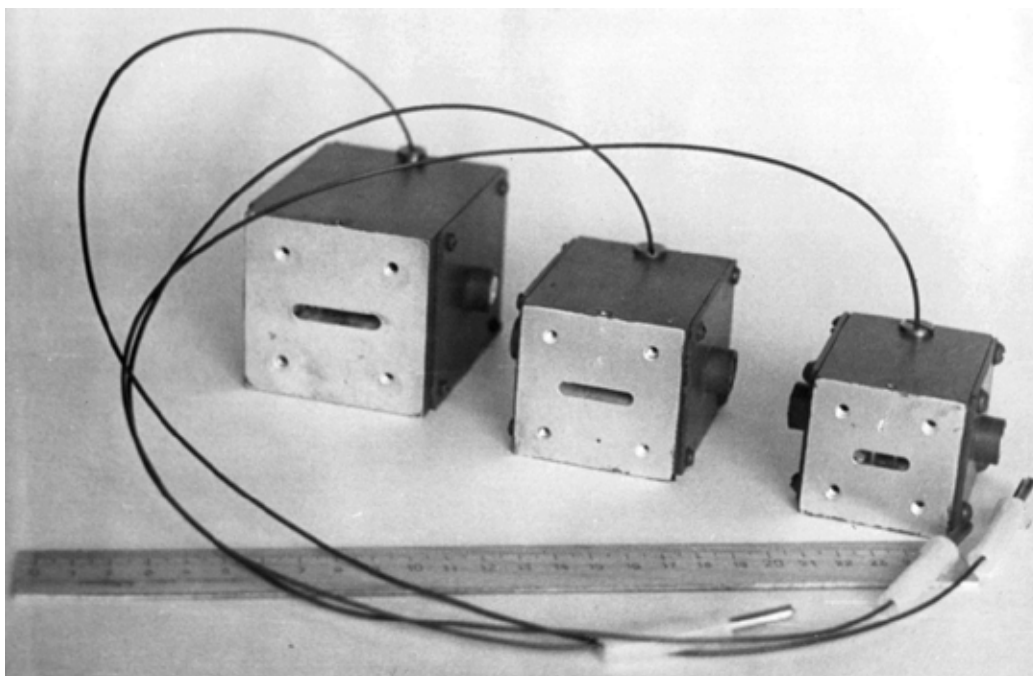


Рис. 3. Внешний вид конструкций однодиодных ГЛПД с цилиндрическими резонаторами на виде колебаний H_{011}

Торцевая стенка цилиндрического резонатора не имеет контакта с цилиндрическим корпусом, что позволяет просто обеспечить перемещение этой стенки относительно корпуса за счет внешних воздействий.

Крутизна перестройки резонатора составляет примерно 100 кГц/мм:

Следовательно, с помощью рассматриваемого преобразователя можно уверенно регистрировать колебания торцевой стенки с амплитудой 0,1 мкм и менее.

Проведенные эксперименты (рис. 4) подтвердили расчетные зависимости сейсмодатчика. В результате была разработана оптимизированная модель сейсмодатчика на основе объемного резонатора сверхвысоких частот с волной H_{01} . Схема конструкции представлена на рис. 5. Фотография представлена на рис. 6.

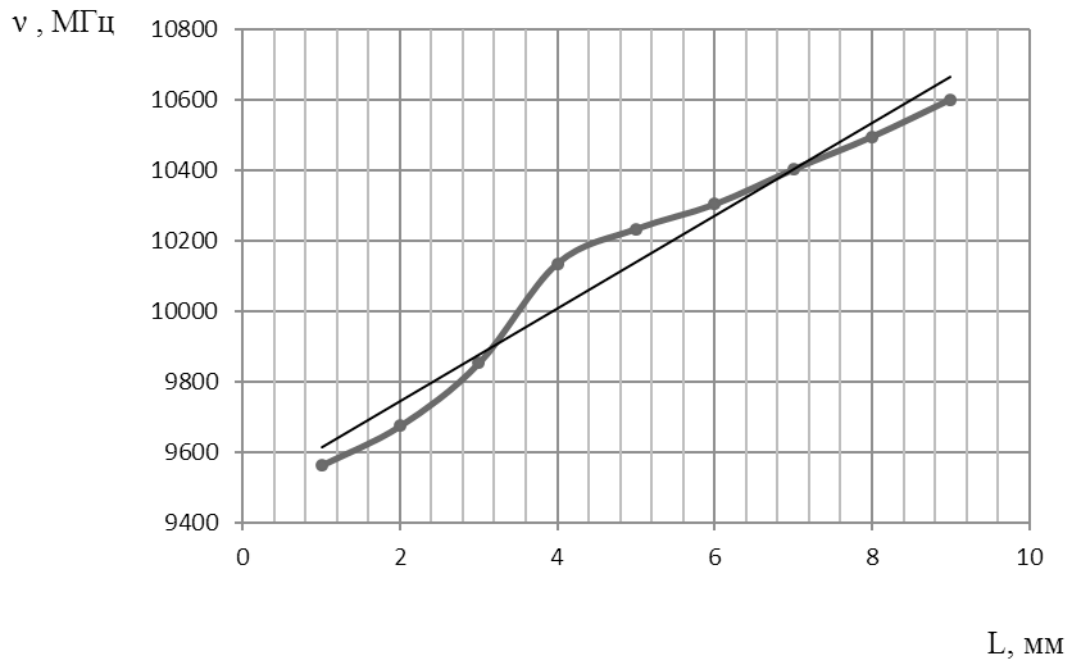


Рис. 4. Зависимость частоты генерации на ГЛПД от длины резонатора

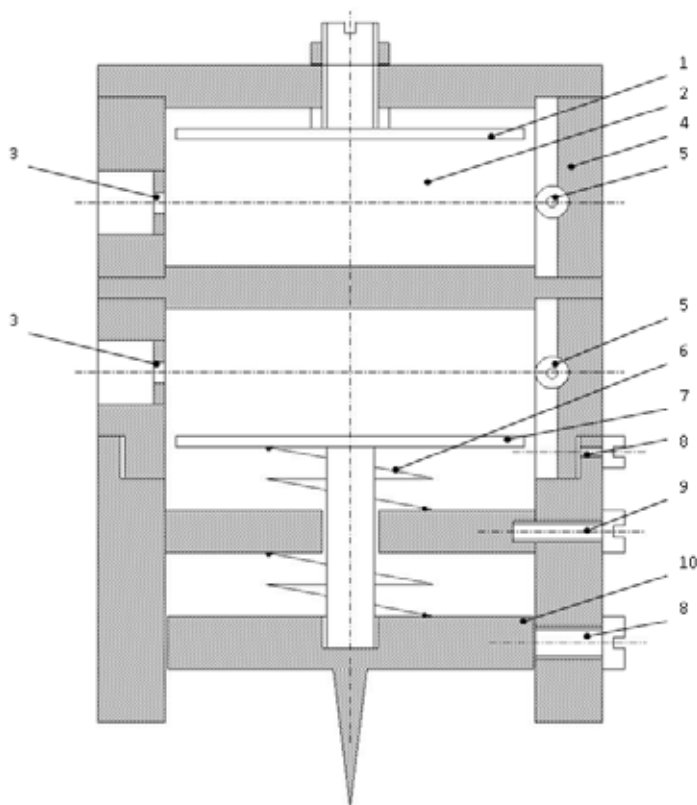


Рис. 5. Оптимизированный сейсмопреобразователь.
1 — подстроечный поршень, 2 — объемный резонатор, 3 — отвод энергии, 4 — корпус, 5 — ГЛПД, 6 — пружина, 7 — поршень, 8 — стопорный винт, 9 — крепежный винт, 10 — установочный штырь



Рис. 6. Фотография сейсмопреобразователя

Исследования проводились на экспериментальной установке, блок-схема которой представлена на рис. 7.

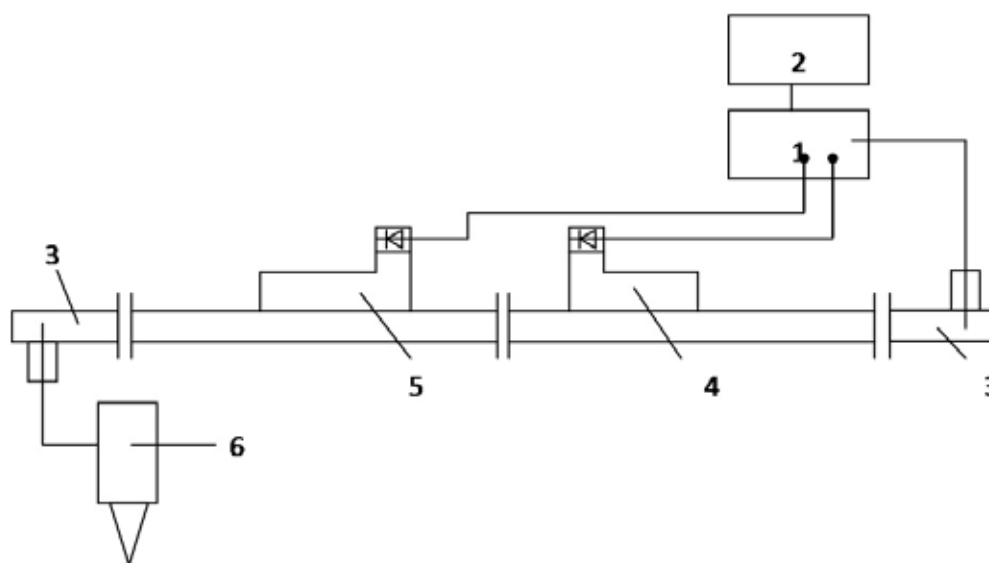


Рис. 7. Блок – схема экспериментальной установки.

1 – генераторный блок панорамной установки, 2 – индикаторный блок панорамной установки, 3 – коаксиально – волноводный переход, 4 – волноводный ответвитель падающей волны, 5 – волноводный ответвитель отраженной волны, 6 – испытуемый сейсмопреобразователь

Приведенная на рис. 7 установка имеет для испытаний широкий диапазон исследований от 8,10 до 12,0 ГГц и достаточно высокую чувствительность.

Также были предложены новые конструкции генераторов СВЧ трехсантиметрового диапазона. На основе коаксиального объемного резонатора СВЧ на волне TEM и на волне H_{01} с использованием транзистора типа КТ247А2, который устанавливается на конце коаксиального отрезка линии. Использование транзистора обеспечивает более стабильную работу генератора. Схемы предложенных конструкций и фото сейсмодатчиков приведены на рисунках 8-10.

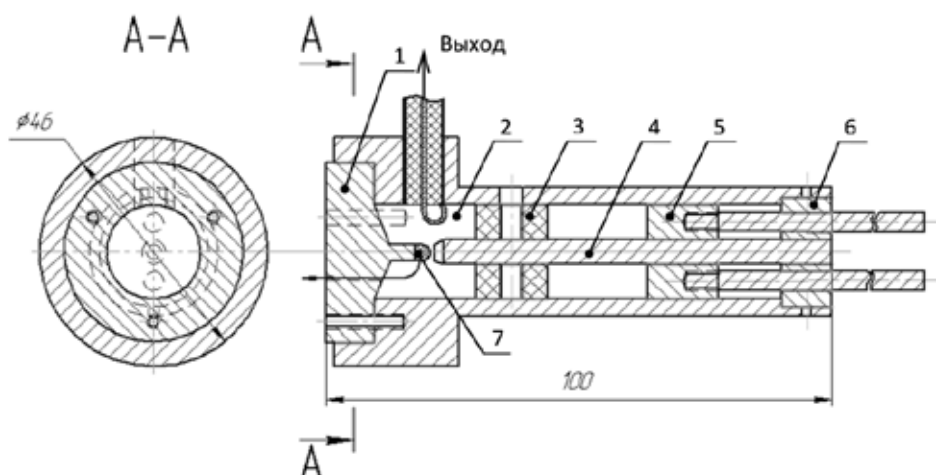


Рис. 8. Чертеж генератора СВЧ на основе коаксиального объемного резонатора СВЧ на волне ТЕМ. 1 – нижняя стенка, 2 – резонатор, 3 – диэлектрик, 4 – центральный стержень, 5 – подвижный стержень, 6 – верхняя стенка, 7 – транзистор

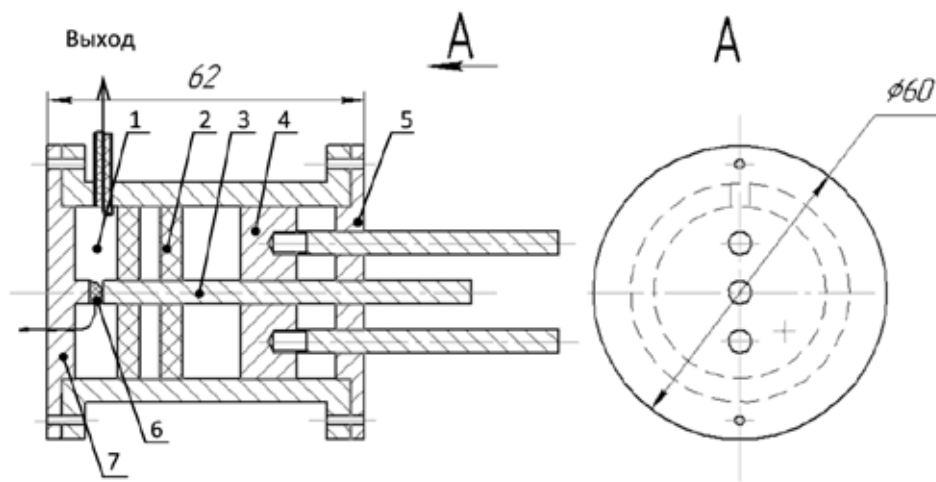


Рис. 9. Чертеж генератора СВЧ на основе коаксиального объемного резонатора СВЧ на волне H_{01} . 1 – резонатор, 2 – диэлектрик, 3 – центральный стержень, 4 – подвижный поршень, 5 – верхняя стенка, 6 – транзистор, 7 – нижняя стенка



Рис. 10. Фото сейсмопреобразователей на основе коаксиального объемного резонатора СВЧ на волне H_{01} и ТЕМ

Представленный на рис. 9 сейсмопреобразователь содержит коаксильный объемный резонатор на волне H_{011} . Для обеспечения устойчивой работы и предотвращения возникновения высших типов волн в конструкции предусмотрен бесконтактный поршень и во внешней трубе резонатора прорезаны специальные поперечные щели. Это позволит подавить все нежелательные типы волн, включая основную фундаментальную типа TEM .

Результаты исследования параметров этих сейсмодатчиков приведены на рисунках 11-14.

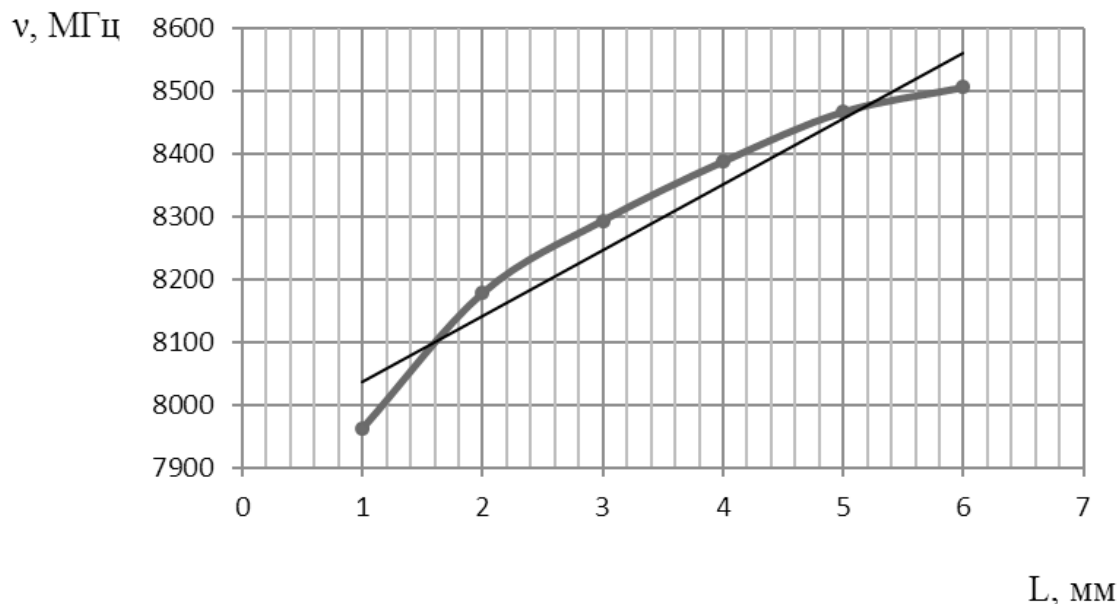


Рис. 11. Зависимость частоты генерации от длины резонатора для резонатора на волне TEM

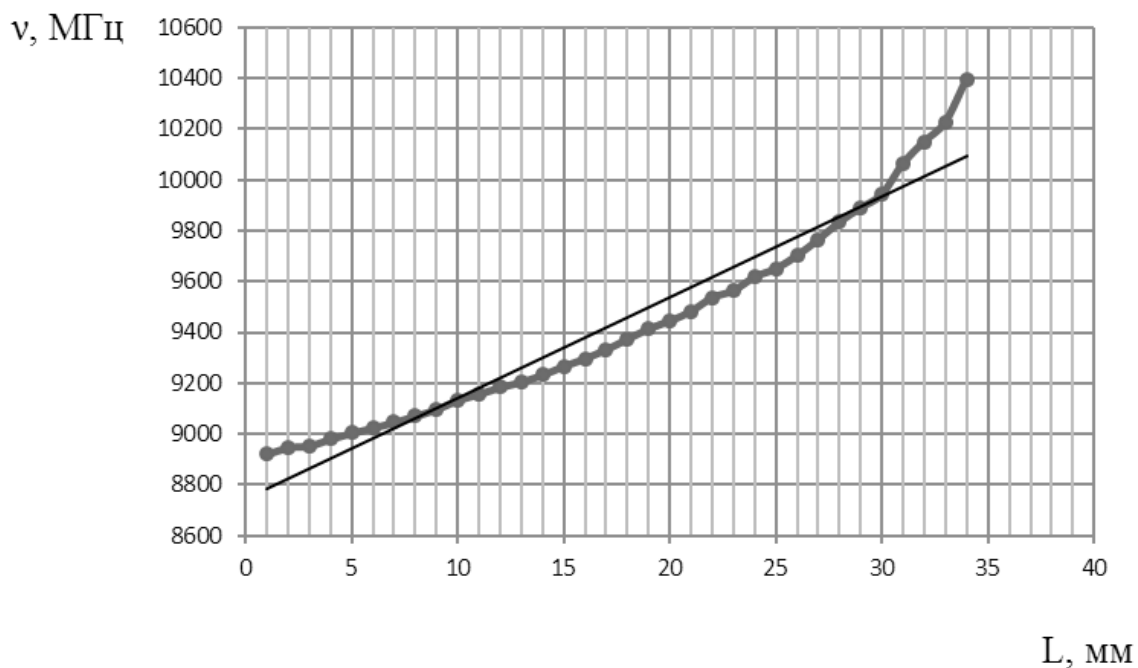


Рис. 12. Зависимость частоты генерации от длины резонатора для резонатора на волне H_{011}

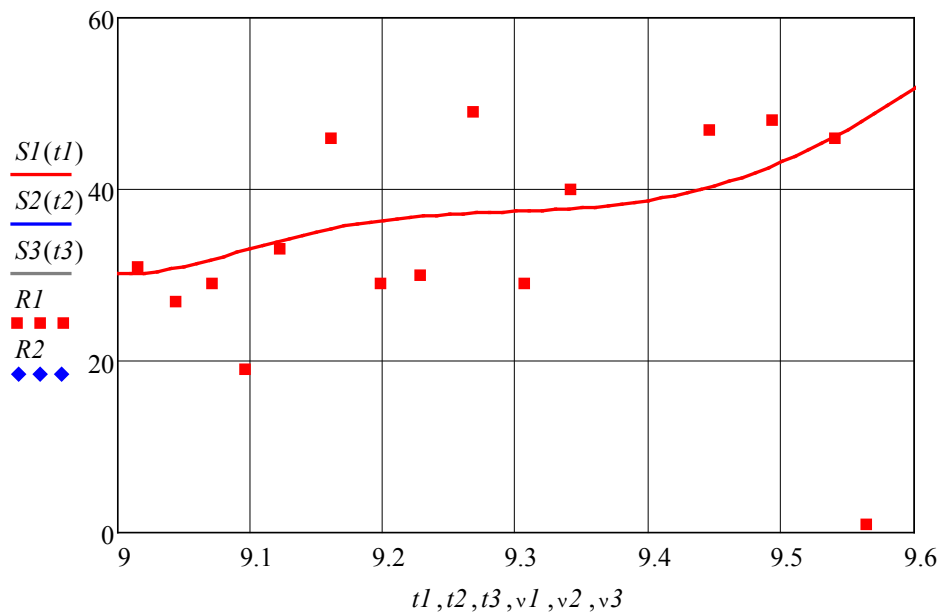


Рис. 13. График зависимости чувствительности S резонатора на волне TEM от частоты ν

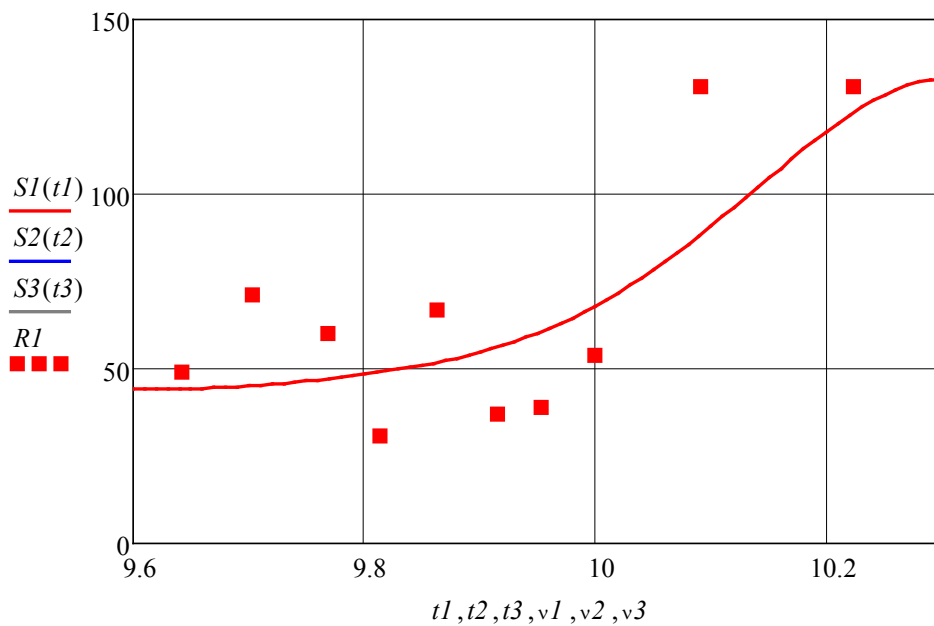


Рис. 14. График зависимости чувствительности S резонатора на волне H_{011} от частоты ν

На рисунках 11-12 приведены зависимости генерируемой частоты сейсмодатчиков от изменения длины резонатора (передвижение поршня вдоль коаксиальной линии). В результате аппроксимации зависимости имеют линейный характер. На рисунках 13, 14 приведены зависимости чувствительности при перестройке резонаторов. На рисунке 13 резонатор возбужден на виде колебаний TEM . На рисунке 14 – возбужден на волне типа H_{011} .

Из рисунков видно, что чувствительность не зависит от вида конструкции и практически остается постоянной.

Заключение

1. Теоретические и экспериментальные исследования свойств СВЧ – преобразователей и традиционных электродинамических преобразователей путем анализа движения механических упругих измерительных систем показали, что одним из перспективных направлений совершенствования с целью адекватности записей реальным, истинным движениям той или иной физической системы является использование СВЧ – преобразователей.

2. Анализ результатов исследований показывает, что чувствительность СВЧ-преобразователя не зависит от вида конструкции и практически остается постоянной. Это указывает на перспективность использования СВЧ- преобразователя при изучении сейсмических, в том числе, динамических колебаний

3. Исследованные конструкции сейсмопреобразователей позволяют регистрировать колебания торцевой стенки резонаторов с амплитудой до 0,1 мкм, и, таким образом, применять подобные сейсмопреобразователи для систем изучения широкополосных сейсмической активности с малой амплитудой и прогнозирования разрушительных землетрясений, и обеспечивают формирование инвариантной зависимости измеряемых кинематических величин от информационных параметров.

4. Сравнительный анализ магниторезонансных, электростатических резонансных и совмещенных электромагнитных подвесов показал, что наименьшими инструментальными погрешностями при измерении кинематических величин обладает совмещенный электромагнитный подвес с использованием магнитов из закритических материалов, обеспечивающих подвесу высокую стабильность.

5. Впервые разработан способ расчета характеристик измерительных электромагнитных подвесов на основе совмещенных электромагнитных подвесов, с использованием магнитов из закритических материалов. При этом решены следующие задачи:

- определены условия адекватности намагничивания магнитно-мягких и магнитно-твердых тел напряженности намагничивающего поля;
- разработана математическая модель силовых взаимодействий элементов магнитной цепи;
- исследованы причины основных инструментальных погрешностей совмещенных электромагнитных подвесов и разработаны методы их компенсации;
- проведена оптимизация энергетических параметров магнитов из закритических материалов по их геометрическим размерам.

6. Созданы измерительные электромагнитные подвесы на основе совмещенных электромагнитных подвесов и разработаны образцы гравиметров, градиентометров и сейсмоприемников. Экспериментальные исследования разработанных устройств подтвердили обоснованность математических моделей и показали следующие положительные качества:

- в гравиметрах и градиентометрах: высокую механическую чувствительность и широкий диапазон измеряемых значений кинематических величин при одновременном уменьшении, в сравнении с механическими аналогами, размеров и массы; регулировку в больших пределах частоты собственных колебаний инерциальной массы, которая может быть использована в гравиметрах для уменьшения внешних возмущающих моментов, действующих с определенной частотой на измерительную систему прибора, и востребовано в градиентометрах – для регистрации сейсмических волн низкой частоты; технологичность конструкции механической ча-

сти перспективной модели гравиметра, позволяющей арретировать инерциальный элемент подвеса, в том числе в градиентометрах – для арретирования коромысла; надежность в эксплуатации, благодаря отсутствию механических упругих измерительных элементов;

– в сейсмоприемниках: трехкомпонентность при использовании одной инерциальной массы, самоориентацию по магнитному меридиану, высокую чувствительность ($1,4 \cdot 10^4 \text{ В/м/с}$).

7. Создан оригинальный способ расчета основных технических характеристик магнитоэлектрического преобразователя сейсмоприемника с нелинейным распределением индукции магнитного поля в рабочем зазоре за счет усовершенствования способа расчета электродинамических преобразователей с линейным распределением индукции. Он позволил для сейсмоприемников на пассивных магнитных подвесах (ПМП) с использованием магнитов из закритических материалов:

– обеспечить линейность магнитной цепи ПМП;

– получить максимальный коэффициент электромеханической связи, одновременно уменьшив размеры катушек и их сопротивлений;

– рассчитать степень затухания каркасной и бескаркасной катушек;

– провести компенсацию температурных инструментальных погрешностей преобразователя сейсмоприемника с учетом температурного коэффициента индукции постоянного магнита.

8. Разработаны и внедрены в производство в Пермской приборостроительной компании новые технологичные конструкции широкополосных высокочастотных и среднечастотных, вертикальных и горизонтальных сейсмоприемников на базе пассивных магнитных подвесов. Результаты сравнительных испытаний, проведенных изготовителем и полевыми геофизическими предприятиями в течение нескольких сезонов, показали преимущества разработанных конструкций по сравнению с их механическими аналогами по коэффициенту нелинейных искажений, амплитудно-частотному спектру, идентичности и надежности.

9. На основе конструкции трехкомпонентного самоориентирующегося сейсмоприемника разработана аппаратура и технология геоакустического каротажа в комплексе направленного бурения скважин.

10. Обобщение теоретических и экспериментальных исследований конструкций на базе совмещенного электромагнитного подвеса позволило разработать модель многофункционального геофизического устройства, которое может быть использовано для проведения мониторинговых работ при прогнозе землетрясений, подсчете запасов нефти и газа в продуктохранилищах.

Полученные результаты позволяют расширить область применения магнитных подвесов в геофизических устройствах, что, в свою очередь повысит точность поисковых и разведочных геофизических работ по поиску нефти, газа и других полезных ископаемых.

Литература

1. А.с. № 862794 РФ Кл. НОЗ В 7/14. Генератор сверхвысоких частот. // А. В. Ширяев, В. С. Мерзлов (РФ) от 24.07.79.
2. Богомолов И. А.. Микроволновый датчик колебаний с малыми амплитудами / И. А. Богомолов, В. С. Мерзлов, А. В. Ширяев // Труды Международного форума по проблемам науки, техники и образовани. – М., 1997. – с. 180-181.

3. Козырев Е.Н., Симакин А.Г. Разработка и исследование сейсмоприемника на основе объемного резонатора сверхвысоких частот датчиков с волной типа H_{01} . Материалы VI Международной конференции «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий», Владикавказ, 2007.

HIGHLY SENSITIVE SEISMIC CONVERTER ON THE BASIS OF THE CAVITY RESONATOR OF SHF SHF

© 2014 E.N. Kozyrev, Techn. Sci. Doct., Prof., A.G. Simakin, Techn. Sci. Cand

Center of the geophysical investigations of VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov st.,
Vladikavkaz, 362002, Russia, E-mail: vzaal@mail.ru

In the article are examined the results of investigating the generators of superhigh frequencies on the waves of the H_{01} and TEM type, utilized as the sensors for the registration and the measurement of weak seismic fluctuations.

The dependences of the separate characteristics of seismic receivers on the basis of cavity resonators on the H_{01} and TEM type waves are given

Keywords: cavity resonator of SHF, sensor of small displacements, seismic converter.

УДК 581. 502/. 507 (471. 65)

ГЛЯЦИАЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ В ДОЛИНЕ РЕКИ ГЕНАЛДОН В XVIII–XXI ВЕКАХ: ПРОБЛЕМЫ ДАТИРОВКИ И ФИТОИНДИКАЦИЯ

© 2014 А.Л. Комжа, к.б.н.

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

Обсуждаются проблемы датировки гляциальных катастроф и некатастрофических подвижек ледника Колка. Рассматривается возможность фитоиндикации последствий гляциальных катастроф в долине р. Геналдон. Приведенные аргументы убедительно доказывают актуальность методов фитоиндикации для выявления в ландшафте следов гляциальных катастроф. Отмеченные закономерности могут быть использованы в качестве инструмента прогнозирования, в частности для поиска долин, потенциально опасных в отношении поражения лавинообразными потоками и гляциальными селями в различных горных регионах.

Ключевые слова: пульсирующий ледник Колка, Кармадонские Ворота, селение Генал, гляциальная катастрофа, ледниковый выброс, лавинообразный поток, гляциальный сель, каменно-ледовый завал, датировка, посткатастрофическая сукцессия, фитоиндикация.

Терминология

Давая обобщенную характеристику гляциальным катастрофам в долине р. Геналдон, связанным с вовлечением в движение гигантских объемов каменно-ледового материала в виде высокоскоростных водно-каменно-ледовых потоков, мы используем термин «ледниковый выброс», следуя К.П. Рототаеву с соавторами [Рототаев и др., 1983]. Синонимы: катастрофический выброс ледника [Лебедева, Рототаева, 2005; Бергер, 2007], сход ледника [Заалишвили и др., 2004].

При этом, в целях дифференциации ледниковых выбросов по мощности, представляется целесообразным различать термины «ледниковый выброс» («выброс») и «катастрофический ледниковый выброс» («катастрофический выброс»). Последний можно использовать для характеристики наиболее грандиозных гляциальных событий, когда вниз по долине Геналдона устремляется максимально возможный объем каменно-ледового материала в виде лавинообразного потока (ЛП), достигающего каньона этой реки в Скалистом хребте и вызывающего многолетнее погребение отвесных скал южной оконечности каньона (Кармадонских Ворот) под каменно-ледовым завалом.

Термин «лавинообразный поток» (ЛП) мы употребляем, следуя предшествующим работам ряда авторов [Васьков и др., 2004; Васьков, Гончаров, 2006; Никитин и др., 2006, 2007 и др.]. Синонимы: ультраселевой поток [Перов, 1996], ледниковый ультраселевой поток [Познанин, 2009]. Из других терминов, используемых в современных публикациях для описания данного процесса, имевшего место 20.09.2002 г. на участке Геналдонского ущелья от его верховьев до Кармадонских Ворот, наиболее корректным (исходя из параметрических характеристик) представляется термин «ледово-водно-каменный поток» [Петраков и др., 2004, с. 35]. Впрочем, по

правилам грамматики этот поток следовало бы именовать *каменно-водно-ледовым*: поскольку его ледовая составляющая являлась доминирующей, она должна быть представлена полным прилагательным, а сопутствующие компоненты (вода и каменный материал) – усеченными прилагательными.

Высокоскоростное движение водно-каменно-ледовых масс (вариант: каменно-водно-ледовых) по долине р. Геналдон 20.09.2002 г. на всем ее протяжении трактуется рядом авторов как гляциальный сель. Однако анализ источников, констатирующих основные количественные и качественные характеристики гляциального селя, показывает, что они принципиально не соответствуют ряду параметров (таких как скорость, объем, состав и пр.) того процесса, который имел место на участке Геналдонского ущелья от его верховьев до Кармадонских Ворот. Последний можно более корректно охарактеризовать как лавинообразный поток (ультраселевой поток, ледниковый ультраселевой поток). При этом один из этапов гляциальной катастрофы, несомненно, представлял собой гляциальный сель: лавинообразный поток, разгрузив в Канийской котловине основную часть своей каменно-ледовой составляющей, трансформировался в каньоне ниже Кармадонских Ворот в гляциальный сель.

Введение

В 1970-1990-е годы, в процессе изучения растительного покрова Северной Осетии, нами были обследованы южные оконечности меридионально и субмеридионально ориентированных каньонообразных ущелий, выработанных в Скалистом хребте рядом крупных рек региона. При этом в одном из них была выявлена интересная особенность: на отвесных известняковых скалах южной оконечности каньона р. Геналдон в Скалистом хребте (в так называемых Кармадонских Воротах), в зоне контакта с Канийской (Кармадонской) котловиной Северной юрской депрессии, уровень видового разнообразия сосудистых растений был ниже, а общее проективное покрытие – существенно ниже, чем на скалах остальной части этого ущелья в пределах Скалистого хребта или на аналогичных участках долин прочих упомянутых выше рек. Местами сглаженные скалы были очень слабо освоены растениями от дна ущелья до высоты нескольких десятков метров. Особенно отчетливо это прослеживалось в отношении таких типичных скальных растений как литофагофиты (ризофаголитофиты). Обращало на себя внимание отсутствие крупных старовозрастных особей подушковидной гипсолюбки узколистной (*Gypsophila tenuifolia* Vieb.) и можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L. s. l.) – типичных для этих местообитаний растений, отличающихся значительной (до нескольких сотен лет) продолжительностью жизни. В те годы нам так и не удалось установить причину происхождения этой ботанической аномалии.

Следует заметить, что лишённые растительного покрова участки отвесных скальных обнажений известны в придонных частях склонов многих ущелий Северной Осетии, но там они имеют иное происхождение. В одних случаях это естественные (обвальные) образования, в других – техногенные, появившиеся в результате принудительного обрушения скал для обеспечения безопасности проходящих у их подножия дорог или при расширении дорожного полотна. В указанном же выше пункте на сглаженных поверхностях скал не было видно ни следов естественных обвалов, ни техногенного воздействия.

Возможность разгадки этой, казалось бы, неразрешимой проблемы появилась

неожиданно. Ее принес катастрофический выброс пульсирующего ледника Колка 20.09.2002 г. Возникший при этом грандиозный высокоскоростной ЛП, пройдя по долине р. Геналдон, накрыл каменно-ледовым завалом Канийскую котловину и южную оконечность каньона этой реки в Скалистом хребте. В Кармадонских Воротах, над северным порталом верхнего (южного) автодорожного тоннеля, высота завала, состоявшего в основном из льда с фирном, отчасти – из обломочного материала горных пород, достигала 150 м над уровнем прежнего (погребенного) дна каньона [Никитин и др., 2007]. Анализ материалов наблюдений, проведенных до и после этой катастрофы, равно как и литературных источников, привел нас к мысли о том, что отсутствие развитого растительного покрова на скалах Кармадонских Ворот, наблюдавшееся в период до 20.09.2002 г., можно корректно объяснить лишь последствиями губительного для скальных растений воздействия другого, предшествующего каменно-ледового завала, сформированного аналогичным ЛП.

Вероятность подобного развития событий представляется вполне реальной, если принять во внимание высказывания ряда специалистов о том, что лавинообразные потоки в долине р. Геналдон – явление периодическое и в прошлом они также достигали Скалистого хребта. Так, побывавшие в Геналдонском ущелье вскоре после ледниковых выбросов 3.07 и 6.07.1902 г. (по старому стилю) Э.А. Штебер [Штебер, 1902; 1903а] и Р.Р. Лейцингер [Лейцингер], 1904], которые провели наблюдения на местности и опросили местных жителей, указывали, что в долине Геналдона некогда могли случаться гораздо более масштабные гляциальные события, чем имевшее место в 1902 г.

Интересно и свидетельство К.П. Рототаева* – начальника Комплексной высокогорной гляциологической экспедиции Института географии АН СССР, изучавшей в 1970-1975 гг. причины и последствия пульсации ледника Колка: «В ущелье Скалистого хребта сохранились местами обрывки грубообломочного материала в виде «примазок» в устьях боковых врезов и углублениях на отвесных скалах до 10 м над рекой. Возможно, что здесь проходили не только селевые массы, но какие-то из древних подвижек достигали ущелья и непосредственно забивали его своим материалом. Следы ледниково-селевой обработки были обнаружены на коренных бортах ущелья при вскрытии перекрывающего их рыхлого материала» [Рототаев и др., 1983, с. 100].

Какое же ближайшее по времени гляциальное событие является аналогом катастрофы 20.09.2002 г.? Вопрос далеко не праздный, если учесть, что в многочисленных публикациях, посвященных данной проблеме, разброс соответствующих датировок покрывает полуторавековой период – с середины XVIII до начала XX вв. Как правило, они приурочены к знаковому событию – разрушению в результате гляциальной катастрофы селения Генал, некогда располагавшегося в Канийской котловине, у подножия южного склона Скалистого хребта. При этом в работах встречаются различные варианты упоминаний о его разрушении: в одних случаях речь идет о безвозвратной гибели всего с. Генал, в других – лишь его отдельных частей («отселков», «хуторов»), число которых у разных авторов варьирует от пяти до восьми.

Ситуацию проясняет монография [Цагаева, 1975], в которой приводится забытый топоним – Авд Гæналы (в переводе с осетинского – Семь Геналов): именно так

*Здесь и далее: при упоминании К.П. Рототаева отдельно от соавторов монографии [Рототаев и др., 1983] речь идет о главах с его персональным авторством.

назывались погибшие в гляциальной катастрофе поселения, представлявшие собой обособленно расположенные части с. Генал. Упоминает А. Д. Цагаева и Восьмой Генал (Æстæм Гæнал). В отличие от Семи Геналов, он не был стерт с лица земли, поскольку располагался значительно выше них по склону, но пришел в запустение. Впоследствии на месте Восьмого Генала было возрождено с. Генал, просуществовавшее до середины 1920-х годов (в настоящее время о нем напоминают лишь руины).

Гляциальная катастрофа 1902 года: мифы и факты

Согласно ряду источников, ближайшим аналогом катастрофы 20.09.2002 г. является гляциальное событие 1902 г., поскольку именно тогда якобы было разрушено с. Генал [Цагаева, 1975, с. 12; Попов, 1994 и др.]. При этом некоторыми авторами указывается и источник трагедии – ледник Майли. Аналогичная информация размещается различными авторами в Интернете в связи с ростом интереса населения к геналдонской проблематике после 20.09.2002 г. Между тем данное гляциальное событие (связанное, кстати, не с Майли, а с другим ледником – Колкой) никак не может быть ответственным за разрушение Генала (Семи Геналов), поскольку обрушившиеся в долину Геналдона 3.07 и 6.07.1902 г. (по старому стилю) ЛП остановились в створе с. Верхний Тменикау [Пагирев, 1902; Штебер, 1902, 1903а, 1903б; Лейцингер, 1904; Поггенполь, 1905; Рототаев и др., 1983 и др.] – примерно в 5 км выше по долине от с. Генал (рис. 1., п. 8).

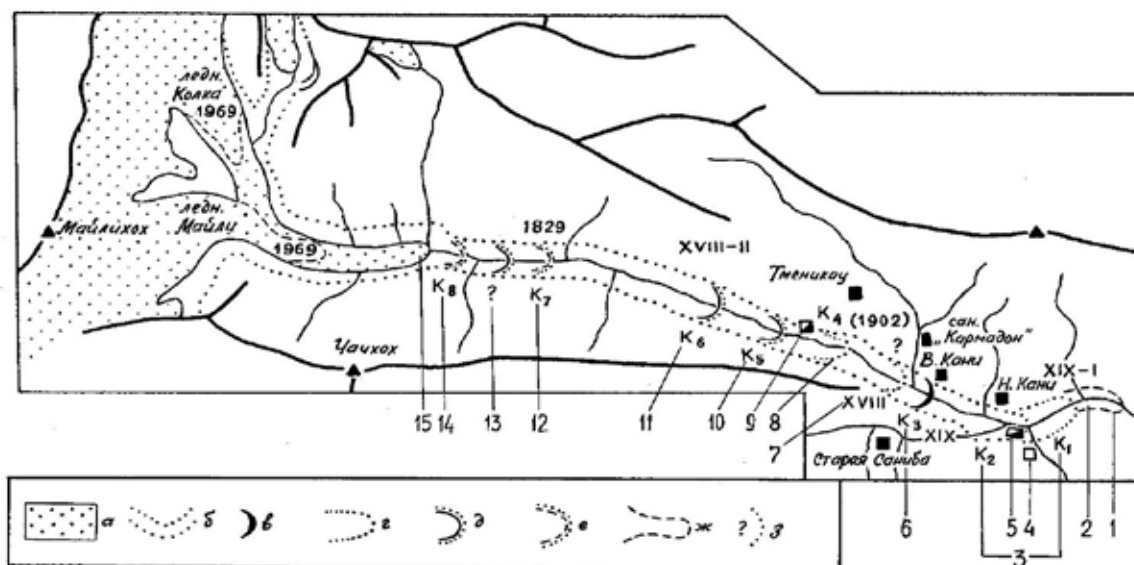


Рис. 1. Реконструкция ледниковых изменений в долине р. Геналдон в последние столетия (по [Рототаеву и др., 1983], с. 101, рис. 40 б (с изменениями))

а) положение ледников к 1970 г.; б) хорошо прослеживаемые границы прежних ледниковых оледенений долины (тримлайн); в) стадияльные морены голоцена; г) конечноморенные комплексы ледниковых выбросов; д) смешанные комплексы морен выброса и стадияльных морен; е) морены выброса, сочетающиеся со стадияльными отложениями предположительно; ж) граница ледниковых выбросов, проникших в теснину Скалистого хребта; з) предположительные датировки и комплексы.

Комментарии к рисунку

1. «Граница ледниковых выбросов, проникавших в теснину Скалистого хребта», датированная первой половиной XIX в. [Рототаев и др., 1983, с. 101], точнее, первой четвертью XIX в. [Рототаев и др., 1976]. Фактически, как будет показано ниже, – это нижняя (северная) граница более ранних «ледниковых выбросов», проникших в теснину Скалистого хребта. В целом она совпадает с аналогичной границей выброса 20.09.2002 г.

2. Кармадонские Ворота.

3. K_1 и K_2 – эти комплексы «... очень близки по генезису, и разделение их условно. Возможно, они сформированы одной очень крупной подвижкой, имевшей сложные селевые последствия» [Рототаев и др., 1983, с. 102]. Поскольку комплекс K_2 датирован XIX в. [Рототаев и др., 1983, с. 101], то эта датировка касается и K_1 . Между тем, именно эти комплексы могут соответствовать гляциальному событию 1752 г., во всяком случае, они перекрывают ту местность, где некогда находились Семь Геналов. Ныне комплексы K_1 и K_2 перекрыты завалом, сформированным 20.09.2002 г.

4. Развалины с. Генал (место, где находился Восьмой Генал).

5. Предположительное место расположения Семи Геналов.

6. K_3 – стадияльная морена голоцена [Рототаев и др., 1983, с. 101].

7. Комплекс, предположительно датированный XVIII в. [Рототаев и др., 1983, с. 101], что, с учетом ледникового выброса 1752 г., представляется неубедительным. М.Г. Бергер [Бергер, 2007] относит его к XVII в. Возможно, именно этот комплекс был ошибочно принят Э.А. Штебером за следы «обвала», который случился «... после обвала, уничтожившего Генал и его отселки» [Штебер, 1903 а, с. 238].

8. K_4 – «комплекс довольно свежих форм и отложений..., датируемых нами 1902 г.» [Рототаев и др., 1983, с. 100].

9. Отсёлок селения Тменикау, некогда располагавшийся у подножия левого борта долины Геналдона, около Нижнекармадонских минеральных источников. О гибели этого «местечка Тменикау» 3.07.1902 г. (по старому стилю) в гляциальной катастрофе пишет Р.Р. Лейцингер [Лейцингер, 1904, с. 62]. Ссылаясь на данную публикацию, Г.К. Тушинский [1963, с. 175] ошибочно сообщает о «... гибели селения Тменикау...». Между тем с. Тменикау (некогда его составляли Нижний, Средний и Верхний Тменикау), наиболее высоко расположенный над дном долины населенный пункт района, в 1902 г. остался недостижимым для ЛП.

10. K_5 – недатированный комплекс [Рототаев и др., 1983, с. 101].

11. K_6 – комплекс, датированный второй половиной XVIII в. [Рототаев и др., 1983, с. 101]. Впрочем, М.Г. Бергер [Бергер, 2007, с. 25], со ссылкой на катастрофу 1752 г., вполне резонно предполагает, «... что этот комплекс возник не позднее начала XVIII в., возможно, в конце XVII в.».

12. K_7 – комплекс, датированный 1829 г. [Рототаев и др., 1983, с. 101]. Из рисунка 40 в [Цит. соч.] следует, что гляциальное событие, соответствовавшее комплексу K_7 , несколько превосходило по масштабу некатастрофические подвижки 1834-1835 и 1969-1970 гг. На рисунке 40 б комплексы K_7 и K_8 имеют одинаковую маркировку (рис. 5.1. пп. 12, 14), что свидетельствует об их генетической близости; впрочем, этому почему-то противоречит текстовый комментарий к рисунку, не подтверждающий такое родство и позиционирующий комплекс K_8 как безусловно выбросовый [Рототаев и др., 1983, с. 102].

13. Недатированный комплекс [Рототаев и др., 1983, с. 101].

14. K_8 – комплекс, который «В основе... сложился в первые пять лет после 1969 г...» и продолжал формироваться в последующие годы [Рототаев и др., 1983, с. 100].

15. Конец квазиледника Колка в 1970 г. [Рототаев и др., 1983, с. 101].

Римские цифры (XIX-I, XVIII-II) обозначают век и его половину [Рототаев и др., 1983, с. 101].

В связи с гляциальным событием 1902 г., следует упомянуть об одной курьезной публикации. В ней утверждается, что подвижка 1969-1970 гг. повлекла большие жертвы, а именно: «...гибель десятков людей и нескольких тысяч голов скота» [Кудухов и др., 2002, с. 14]. Очевидно, авторы путают некатастрофическую подвижку 1969-1970 гг., не сопровождавшуюся жертвами, с катастрофой 1902 г., которая действительно имела трагические последствия.

О гляциальных катастрофах, якобы имевших место в 40-80 гг. XIX в.

Что касается сведений о повлекших гибель с. Генал гляциальных катастрофах, которые якобы имели место в 40-х [Будун, 1989, 1994], по другим данным – в 50-х годах XIX в. [Агибалова, 1969; Цагаева, 1975, с. 14; Левковский, 2005], или даже в 1885 г. [Попов, 1982; Агибалова, 1983], то они не заслуживают доверия, поскольку косвенно опровергаются авторами надежных первоисточников – наиболее ранних публикаций, касающихся данной проблемы [Пастухов, 1889-1891; Динник, 1893; Россиков, 1896; Штебер, 1902, 1903а].

Согласно свидетельству Э. А. Штебера, в 40-70-е годы XIX в. Верхнекармадонские источники «...находились подо льдом обвала... [речь идет о последствиях подвижек 1834-1835 гг. и последующих лет. – А. К.]. Около 30-ти лет таял обвал, и вот в семидесятых годах прошлого столетия горячие источники появляются вновь» [Штебер, 1903а, с. 238]. При этом ни о каких крупных гляциальных событиях в указанный период автор не сообщает. В данной работе Э. А. Штебер упоминает также о своем пребывании в этих местах в 1887 г., то есть, через два года после описываемой В. В. Агибаловой [Агибалова, 1983] катастрофы 20.05.1885 г., однако не приводит никаких сведений об этом событии. Это довольно странно, поскольку его последствия (если бы они действительно имели место) еще не успели бы исчезнуть, и Э. А. Штебер мог бы их наблюдать. Никаких упоминаний об этом якобы грандиозном событии нет также в работах [Пастухов, 1889-1891; Динник, 1893; Россиков, 1896], проводивших исследования ледников данного района в 80-90-е годы XIX в. Ничего не пишет по этому поводу и [Поггенполь, 1905].

Кроме того, реконструкция ледниковых событий в долине р. Геналдон показала, что крупных гляциальных катастроф, связанных с высокоскоростным выносом каменно-ледовых масс колоссального объема вплоть до теснины Геналдона в Скалистом хребте, в 40-90-е гг. XIX в. действительно не происходило [Рототаев и др., 1983]. В перечисленных эпизодах тех лет имели место лишь гляциальные сели или незначительные по масштабам наступания ледников.

Освещение данного вопроса К. П. Рототаевым довольно противоречиво и поэтому заслуживает более подробного рассмотрения. Проводя обзор предшествующих источников, автор сообщает: «В памяти населения сохранились неясные воспоминания и о прошлых «обвалах»..., крупнейший из которых был в первой поло-

вине прошлого [XIX. – А. К.] века, когда лед был выброшен до самого Скалистого хребта и были разрушены «семь Геналов» (селений по Геналдону)» [Рототаев и др., 1983, с. 17]. Поскольку этим сведениям не сопутствует какой-либо комментарий, создается впечатление, что они отражают позицию автора относительно датировки данного гляциального события, делая ее двусмысленной: в указанный временной промежуток попадают 40-е годы XIX в., в которые, по его же данным, крупных гляциальных событий в долине Геналдона не происходило. Неопределенность ситуации усугубляется тем, что указанная далее в монографии «...граница ледниковых выбросов, проникавших в теснину Скалистого хребта...» [Рототаев и др., 1983, с. 101, рис. 40б] также датирована первой половиной XIX в. (рис. 1).

Впрочем, далее К.П. Рототаев, похоже, дезавуирует эту информацию: он указывает, что за разрушение с. Генал (Семи Геналов) ответственна катастрофа «...предположительно конца XVIII – начала XIX вв.» [Рототаев и др., 1983, с. 103]. Кроме того, в комментарии к схеме на карте 19 «Научно-технического отчета...» [Рототаев и др., 1976, с. 99] сообщается, что «быстрые подвижки» за последние 140 лет (1829-1969 гг.) «...предварял, по-видимому, выброс льда до Скалистого хребта». Остается неясным, почему К.П. Рототаев впоследствии отказался от изложения столь важной мысли в цитируемой монографии [Рототаев и др., 1983]. Ведь данный комментарий существенно конкретизирует датировку упомянутой границы «...ледниковых выбросов, проникавших в теснину Скалистого хребта...» [Рототаев и др., 1983, с. 101, рис. 40б]: при таком сужении временных рамок, эту границу следует датировать не первой половиной XIX в. [Рототаев и др., 1983, с. 101, рис. 40б], а первой его четвертью. Подобная непоследовательность К.П. Рототаева и противоречивость приводимых им датировок труднообъяснимы.

Гляциальное событие 1834-1835 гг. – катастрофа или некатастрофическая подвижка?

Из некоторых источников можно заключить, что следующим, ближайшим по времени, возможным аналогом катастрофы 20.09.2002 г. является гляциальное событие, датированное 1834 г. (по другим данным – 1835 г.), поскольку именно в результате него якобы было разрушено с. Генал, или, по другой версии, каменно-ледовые массы достигли тогда Кармадонских Ворот [Агибалова, Виленкин, 1973; Залиханов и др., 1999; Поповнин и др., 2003, 2005; Васьков, 2004; Васьков и др., 2004; Петраков и др., 2006]. Разнобой в датировках (варианты: «1834 г.», «очевидно, 1834 г.», «1834 или 1835 г.», «около 1835 г.») и описаниях не должен вводить читателя в заблуждение – в перечисленных публикациях речь идет об одном и том же гляциальном событии (как будет показано далее, – о подвижке 1834-1835 гг.). При этом авторы обычно ссылаются на работы предшественников – Э.А. Штебера [Штебер, 1902, 1903а, 1903б] или К.П. Рототаева [Рототаев и др., 1983].

Между тем Э.А. Штебер придерживался иной точки зрения, о чем свидетельствует следующая выдержка из вышеупомянутой его работы, недвусмысленно характеризующая позицию автора: «Близ селения Нижний Тменикау, саженей на сто ниже конца нынешнего обвала [1902 года. – А. К.], видны по обеим сторонам реки Генал-дона накопления, похожие по составу на моренные, но резко отличающиеся от морены по форме: здесь нет той правильности, которая наблюдается при моренах. Валуны и щебень образуют кучи и холмы, которые образовались по всей веро-

ятности на счет обвала, случившегося, несомненно, после обвала, уничтожившего Генал и его отселки» [Штебер, 1903а, с. 237-238].

В приведенном выше фрагменте Э.А. Штебер выстраивает ретроспективный ряд из трех крупных гляциальных событий – «обвалов»: 1) «обвала» 1902 г.; 2) предшествующего ему «обвала»; 3) еще более раннего и грандиозного «обвала», уничтожившего с. Генал. Под вторым из трех упомянутых «обвалов» Э.А. Штебер имеет в виду некое гляциальное событие, приблизительную датировку которого он косвенно указывает далее в своей работе: «Источников этих [*Верхнекармадонских. – А. К.*] с сороковых до семидесятых годов прошлого [*XIX. – А. К.*] столетия не было видно, ... так как они находились подо льдом обвала, по всей вероятности того самого, следы которого сохранились до наших дней по обе стороны Генал-дона под селением Нижний Тменикау» [Штебер, 1903а, с. 238].

Основываясь на схемах реконструкции гляциальных событий в бассейне р. Геналдон [Рототаев и др., 1983, с. 101, рис. 40], можно заключить, что под вторым «обвалом» Э.А. Штебер подразумевал подвижку 1834-1835 гг. или другое, близкое к ней по времени и масштабу, гляциальное событие.

Впрочем, из упомянутых нами работ профильных специалистов (А.В. Пастухова и К.П. Рототаева) можно сделать вывод: Э.А. Штебер был прав здесь лишь в одном – в том, что разрушение с. Генал (Семи Геналов) связано с более ранним гляциальным событием, чем подвижка 1834-1835 гг. В отношении же масштабов подвижки 1834-1835 гг., равно как и датировки расположенных в долине р. Геналдон под с. Нижний Тменикау «накоплений» (по К.П. Рототаеву – «конечноморенного комплекса ледникового выброса») упоминаемого им второго «обвала», Э.А. Штебер ошибался. В действительности, в 1834-1835 гг. ледник не преодолел и половины расстояния от Верхнекармадонских источников до с. Нижний Тменикау, а «конечноморенный комплекс» второго «обвала» вблизи этого селения был сформирован гораздо ранее 1834-1835 гг. (рис. 1, п. 7).

Ничего не сообщает о разрушении Семи Геналов во время гляциального события 1834-1835 гг. и К.П. Рототаев. Он лишь упоминает «...крупную подвижку 1834 г.» [Рототаев и др., 1983, с. 102]. При этом он почему-то игнорирует тот факт, что подвижка не ограничилась 1834 г., а продолжалась, согласно данным [Пастухов, 1889-1891], с августа 1834 г. до марта 1835 г.

В связи с вышеизложенным, возникает закономерный вопрос: почему при обсуждении подвижки 1834-1835 гг. многие авторы, начиная с Э.А. Штебера, не опирались на надежный и доступный первоисточник – публикацию военного топографа А.В. Пастухова [Пастухов, 1889-1891]? Напомним, что 29 июля 1889 г. (по старому стилю) он с проводником Т. Цараховым совершил восхождение на Казбек и попутно обследовал ледники верховьев Геналдона. А.В. Пастухов, основываясь на результатах собственных рекогносцировок и опросах местных жителей (главным образом, Т. Царахова), в числе которых, несомненно, были и очевидцы этой подвижки, приводит следующее описание данного гляциального события. «В 15-ти сажнях от этих [*Верхнекармадонских. – А. К.*] источников начинается один из величайших ледников на Кавказе – Майли. Лет 60 тому назад ледник этот простирался на 2 версты ниже теперешнего его конца. Затем, в течение пяти лет, он настолько оттаял, что конец его очутился почти около горячих источников. В августе месяце 1834 г. он двинулся вниз и со страшным шумом и треском продолжал свое движение до марта месяца следующего года. За это время он спустился более чем

на 1½ версты вниз...» [Пастухов, 1889-1891, с. 135-136]. Таким образом, налицо свидетельство того, что с августа 1834 г. до марта 1835 г. имела место некатастрофическая подвижка: за семь (или восемь) месяцев ледник не преодолел и двух верст.

Хотя в приведенном выше фрагменте речь идет о леднике Майли, следует иметь в виду, что А. В. Пастухов характеризовал современную ему обстановку: во второй половине XIX в. Колка был западным (впрочем, уже начавшим обособляться) притоком ледника Майли, а окончательно они разделились лишь к концу XIX в. [Россигов, 1896], по другим данным – к началу XX в. [Рототаев и др., 1983]. При этом «...помимо... вполне отчетливой активности обоих главных ледников, ... именно ледник Колка участвовал в крупных прошлых наступаниях геналдонских ледников. Размах его неоднократных изменений, судя по геоморфологическим следам..., превосходил амплитуды колебаний ледника Майли» [Рототаев и др., 1983, с. 17].

Следует отметить, что характеристики, которые К. П. Рототаев дает подвижке 1834-1835 гг., не отличаются последовательностью. Очевидно, это и является одной из причин переоценки масштабов этого события рядом исследователей. Так, границу «...ледниковых выбросов, проникавших в теснину Скалистого хребта...» он датирует первой половиной XIX в. [Рототаев и др., 1983, с. 101, рис. 40б], тем самым, косвенно подтверждая сохранившиеся в памяти населения «...неясные воспоминания... о прошлых «обвалах»..., крупнейший из которых был в первой половине прошлого [XIX – А. К.] века, когда лед был выброшен до самого Скалистого хребта и были разрушены «семь Геналов» (селений по Геналдону)» [Рототаев и др., 1983, с. 17]. Не удивительно, что впоследствии многие исследователи резонно полагали, что на роль такого «обвала» вполне могла бы претендовать подвижка 1834-1835 гг. – единственное достоверно известное для первой половины XIX в. крупное гляциальное событие.

Далее автор указывает, что гляциальные события 1834 и 1902 гг. – это «...крупнейшие подвижки за 200 лет...» [Рототаев и др., 1983, с. 102]. При этом К. П. Рототаев почему-то забывает отдать должное еще одному гляциальному событию (кстати, по его данным, несколько превосходившему по масштабу подвижку 1834-1835 гг.), которому соответствует позиция языка ледника, датируемая 1829 г. [Рототаев и др., 1983, с. 101, рис. 40в], а также уже упомянутым двум гляциальным катастрофам, которые, по его же мнению, были гораздо значительнее событий 1834-1835 и 1902 гг.

Впрочем, ключевые разделы работ К. П. Рототаева, напротив, убедительно свидетельствуют не в пользу грандиозности подвижки 1834-1835 гг. Так, на карте-схеме, отражающей реконструкцию ледниковых событий в верховьях Геналдона (урочище Кармадон) с 1829 по 1969 гг. (она составлена по сведениям А. В. Пастухова, Г. Мерцбахера, М. Деши и др.), показано, что продвинувшийся вниз по долине ледник остановился в 1835 г. лишь немного дальше того рубежа, которого он достиг по завершении подвижки 1969-1970 гг. [Рототаев и др., 1983, с. 101, рис. 40в]. При этом в комментарии к аналогичной схеме на карте 19 «Научно-технического отчета...» [Рототаев и др., 1976, с. 99] сообщается, что упомянутые «быстрые подвижки» за последние 140 лет (1829-1969 гг.) «...предварял, по-видимому, выброс льда до Скалистого хребта». Иными словами, гляциальное событие 1834-1835 гг. было отнюдь не ледниковым выбросом (он произошел гораздо ранее).

В этой связи вряд ли можно согласиться со специалистами, которые упоминают о подвижке 1834-1835 гг. как о катастрофическом обвале [Дробышев, 2012] или

грандиозном селе [Познанин, 2009, с. 5], равно как и с теми, кто считает, что она была близка по размаху катастрофам 1902 и 2002 гг. [Рогожин и др., 2004], или подобна катастрофе 1902 г. [Панов и др., 2002; Долгов и др., 2005; Цхурбаев, 2005]. Вместе с тем, не следует и преуменьшать масштабы этой подвижки, тем более, сомневаться в ее реальности, как это делают другие авторы: «Гляциальное событие, якобы имевшее место в 1834 г. или в 1835 г., пока не находит документальных подтверждений» [Болов и др., 2006, с. 58].

Катастрофы, которых не было? (Поиски свидетельств неких крупных гляциальных событий, предположительно датированных концом XVIII – первой четвертью XIX вв.)

Итак, уничтожение растительного покрова на скалах Кармадонских Ворот не может быть связано с гляциальным событием 1834-1835 гг., поскольку каменно-ледовые массы не достигли тогда теснины Геналдона в Скалистом хребте. Поэтому логично обратиться к другой, еще более ранней гляциальной катастрофе, предположительно датированной первой половиной (рис. 1, п. 1), точнее – первой четвертью XIX в. [Рототаев и др., 1976, с. 99]: ей соответствует «...граница ледниковых выбросов, проникавших в теснину Скалистого хребта...» [Рототаев и др., 1983, с. 101, рис. 40б]. К сожалению, автор не дает никаких комментариев относительно этого контура, хотя, как следует из рисунка 40 б, это наиболее продвинувшийся вниз по долине Геналдона из всех упоминаемых в данной монографии «ледниковых выбросов».

Между тем в рассматриваемой работе есть упоминание и о другой, «...одной из более ранних крупных катастроф (предположительно конца XVIII – начала XIX вв.)...», в результате которой «...были разрушены в Геналдоне выселки – хутора аула Генал» [Рототаев и др., 1983, с. 103]. Однако на упомянутом выше рис. 40б автор почему-то не находит места этому «ледниковому выбросу» (рис. 1).

Из приведенных датировок следует, что в первой четверти XIX в., по наиболее оптимистическому сценарию, могли произойти два наиболее крупных (катастрофических) ледниковых выброса в этом веке, в процессе которых ЛП достигали Скалистого хребта. Подобное допущение невероятно, поскольку более раннее из этих событий, неизбежно повлекшее бы глубокую дегляциацию ложа ледника, должно было бы отстоять от второго максимум на два десятка лет. Даже в те годы, в условиях Малого ледникового периода, возможность набора ледником за столь короткий срок критической массы, необходимой для очередного катастрофического выброса, была практически исключена. Отсюда вытекает закономерный вывод о том, что в первой четверти XIX в. если и имело место, то лишь одно из этих двух предполагаемых гляциальных событий. Второе могло произойти лишь в XVIII в.

Таким образом, относительно датировки двух крупнейших гляциальных событий, так или иначе относимых К.П. Рототаевым к первой четверти XIX в., неизбежно возникает ряд вопросов. Поиск истины осложняется тем, что автор, излагая результаты ретроспективных датировок, не приводит ни методик их вычисления, ни каких-либо дополнительных веских аргументов в их пользу. Поэтому представляется вполне допустимым обсудить степень вероятности предполагаемых им ледниковых выбросов конца XVIII – первой четверти XIX вв., с привлечением соответствующих свидетельств из различных независимых источников.

Допустим, искомое гляциальное событие имело место в конце XVIII в. Но почему же в таком случае оно осталось неизвестным местной администрации, хотя и

произошло недалеко от важнейшей транспортной артерии региона – Военно-Грузинской дороги и всего лишь в двух-трех десятках верст от основанной в 1784 г. крепости Владикавказ? Ведь после добровольного принятия в 1770 г. тагаурскими старшинами подданства Ее Императорского Величества Екатерины II и вхождения Тагаурии (Тагаурского общества) в состав Российской Империи местные власти бдительно отслеживали ситуацию на этой важной в стратегическом отношении территории, которая уже была отнюдь не «затерянным миром».

О том, какое значение ей придавалось, свидетельствует опубликованная официальная переписка тех лет [Русско-осетинские..., 1984]. Из нее однозначно следует: через первых лиц гражданской и военной администрации региона проходило решение разнообразных, порой даже таких малозначимых для уровня их компетенции дел как жалобы местных жителей по поводу обычных в те годы грабежей на дорогах, похищений родственников и пр. Между тем в этой переписке не нашла ни малейшего отражения грандиозная гляциальная катастрофа, которая повлекла разрушение нескольких поселений и гибель их многочисленных жителей (расчеты показывают, что число погибших могло исчисляться тысячами), нанесла огромный материальный ущерб населению целого ущелья и дестабилизировала на длительный период его социально-экономическую жизнь. Несомненно, она могла остаться без внимания властей лишь до вхождения Тагаурии в состав Российской Империи.

Еще менее вероятно, что это событие осталось бы незамеченным в первой четверти XIX в., когда Тагаурия (как и вся Осетия) была уже достаточно глубоко интегрирована в социально-экономическую и политико-административную инфраструктуру края. Многие представители ее социальных верхов, получившие офицерские чины, служили в дислоцированных в регионе воинских частях. Поэтому сведения о катастрофе, так или иначе, стали бы известны владикавказской администрации, которая наверняка бы на это отреагировала – издала соответствующее распоряжение, или отправила по инстанции рапорт, поскольку обязана была докладывать вышестоящему начальству о значительных событиях на подведомственной территории. Однако какая-либо переписка такого рода специалистами пока не выявлена.

К настоящему времени не найдено никаких документальных подтверждений того, что в долине Геналдона в конце XVIII – первой четверти XIX вв. имела место гляциальная катастрофа. Их нет ни в документах военного и гражданских ведомств, ни в публикациях посещавших в тот период Тагаурию ученых, путешественников, чиновников, военачальников и прочих, подчас весьма известных лиц (И. А. Гюльденштедта, Я. Рейнеггса, Л. Л. Штедера, Ю. Клапрота, Ф. К. Маршалла-Биберштейна, А. А. Мусина-Пушкина, М. И. Адамса, Х. Х. Стевена, М. Ф. Энгельгардта, Ф. Е. Паррота, Х. Вильгельмса, П. А. Муханова и др.). Это является еще одним доказательством локального характера гляциальных событий тех лет в бассейне Геналдона, а катастрофический ледниковый выброс мог иметь место не позднее середины XVIII в.

Воскресшая из небытия (забытая гляциальная катастрофа середины XVIII в.)

В свете сделанных в предыдущем разделе выводов представляется уместным обратиться еще к одной датировке искомого гляциального события. Ее ввел в естественнонаучный оборот М. Г. Бергер [Бергер, 2007], со ссылкой на писателя и со-

бирателя фольклора А.З. Чеджемты [Чеджемты, 1997], который опубликовал малоизвестный источник – «Авд Гæналы авд цуаноны кадæг» (осетинское народное «Сказание о семи охотниках Семи Геналов»), записанное в 70-е гг. XX в. со слов народного сказителя Т. Пухаты, старожила с. Фарн. По свидетельству А.З. Чеджемты (личное сообщение), представители фамилии Пухатаæ (Пуховы) издавна проживали в Геналдонском ущелье, поэтому не исключено, что и предки сказителя были оттуда родом. На это указывает и А.Д. Цагаева (1975, с. 56): она приводит топоним Пухаты хъæууат («Место селения Пуховых») и сообщает, что это селение существовало в прошлом между сс. Верхний Кáni и Тменикау (там, где впоследствии были построены корпуса санатория «Кармадон»).

Попутно следует отметить, что приведенный М.Г. Бергером [Бергер, 2007, с. 18] перевод названия данного источника («Баллада о семи Геналах и семи охотниках») неточен. Грамматически более корректным представляется вариант перевода, приведенный нами выше. При этом гораздо естественнее перевести «кадæг» как «сказание»; «баллада» – это дань западноевропейской традиции.

Заключительный фрагмент «Сказания...» повествует о некоем гляциальном событии, в результате которого были разрушены Семь Геналов (это дает основание судить о сопоставимости его по масштабу с катастрофой 20.09.2002 г.). В нем говорится, что «...белый ледник сорвался и Семь Геналов впереди вынес. Восьмой Генал и сегодня...местом дневного отдыха скота остается» [Чеджемты, 1997, с. 256-257]. Иными словами, Семь Геналов были стерты с лица земли, а Восьмой Генал обезлюдел. Ссылаясь на Осетинский отрывной календарь 1912 г., А.З. Чеджемты сообщает, что описываемое гляциальное событие произошло в 1752 г.

Мы ознакомились с данным источником, любезно предоставленным А.З. Чеджемты. Это фрагменты изданного во Владикавказе «Осетинского отрывного календаря на 1912 год» («Издание Типо-литографии З.И. Шувалова»). На обратной стороне листка от 31.10.1912 г. есть краткое упоминание о произошедшей за 150 лет до трагедии 1902 г. (то есть, в 1752 г.) другой гляциальной катастрофе, в результате которой были уничтожены «...семь поселений Генала; Восьмой Генал занимал высокое место, поэтому остался» (текст оригинала – на осетинском языке в дореволюционной орфографии).

Разумеется, интерпретация и датировка гляциальной катастрофы более чем двухвековой давности по произведению устного народного творчества и малоизвестному дореволюционному изданию могут показаться занятиями, на первый взгляд, заведомо бесперспективными. Однако не стоит недооценивать эти источники информации. Ведь известен целый ряд примеров, когда, основываясь на народных преданиях, исследователи возвращали из небытия реальные исторические события.

Что касается «Осетинского отрывного календаря...», то надо иметь в виду, что отрывные календари – это вторичные источники информации и здесь наш календарь не является исключением. Следовательно, помещенные в нем сведения заимствованы из некоего первоисточника, более близкого по времени к описываемой гляциальной катастрофе и наверняка более информативного. Установить, каким источником информации пользовались составители этого календаря – дело чести краеведов Республики.

Знакомство с произведениями устного народного творчества обнаруживает следующую закономерность: в местном фольклоре находили отражение лишь наи-

более крупные природные катаклизмы, повлекшие человеческие жертвы. Так, создание «Авд Гæналы авд цуаноны кадæг» имело место после датируемого 1752 г. разрушения Семи Геналов и гибели их жителей. «Хъæрмæдоны рынчынтæ» («Кармадонские больные») – повествование о гибели людей, лечившихся в термальных источниках [Чеджемты, 1997], «Хъæрмæдоны зарæг» («Кармадонская песня») [Осетинское..., 2007] и другие осетинские народные песни появились после гляциальной катастрофы 1902 г., также унесшей многие жизни. Следовательно, прочие гляциальные события, произошедшие в период между катастрофами 1752 и 1902 гг. (в том числе подвижка 1834-1835 гг.), были гораздо менее значительными, не имели трагических последствий, поэтому и не нашли отражения в фольклоре.

Корректность рассматриваемой датировки, относящей искомое событие к середине XVIII в., косвенно подтверждается рядом источников, в частности, публикацией академика Ю. Клапрота, который посетил бассейн р. Геналдон в начале июня 1808 г. (по старому стилю). В его работе «Reise in den Kaukasus und nach Georgien unternommen in den Jahren 1807 und 1808...» [Klaproth, 1814] («Путешествие по Кавказу и Грузии, предпринятое в 1807 и 1808 гг. ...»), фрагменты которой были впоследствии переведены на русский язык и изданы Б.А. Калоевым [Клапрот, 1967], содержатся краткие сведения о населенных пунктах бассейна Геналдона. В их числе – «...селение Генал на высокой горе, жителями которого являются свободные осетины, исповедующие христианство, из фамилии Цомарта...» [Klaproth, 1814, с. 345; Клапрот, 1967, с. 133]. Судя по приведенному описанию, речь идет именно о возрожденном Восьмом Генале, располагавшемся высоко над дном долины, в то время как безвозвратно погибшие Семь Геналов находились ниже него, у подножия склона. Значит, к 1808 г., после периода запустения, Восьмой Генал был вновь заселен. Заметим, что в данном источнике нет даже краткого упоминания о каких-либо трагических событиях, связанных с Авд Гæналы (Семью Геналами).

Из этого можно заключить, что разрушение Семи Геналов и запустение Восьмого произошло задолго до начала XIX в. Действительно, если бы катастрофа произошла в начале XIX в., то в 1808 г. ее последствия (с учетом динамики таяния льда в нынешнем, образовавшемся 20.09.2002 г., каменно-ледовом завале) были бы вполне различимы и наверняка привлекли бы внимание Ю. Клапрота. Поэтому можно констатировать: это гляциальное событие не могло произойти в начале XIX в. Маловероятно, что оно имело место и в последующие годы первой четверти XIX в. (после 1808 г.): в противном случае, вследствие глубокой дегляциации ложа ледника, стала бы невозможной подвижка 1834-1835 гг. Скорее всего, не было его и в конце XVIII в., поскольку в 1808 г., спустя всего лишь два-три десятка лет, были бы еще живы свидетели предполагаемой катастрофы, наверняка сообщившие бы о столь значительном событии академику, контактировавшему с местными жителями в процессе сбора этнографического материала.

Кроме того, существует еще один надежный источник, убедительно свидетельствующий о том, что гибель Семи Геналов и запустение Восьмого Генала нельзя датировать семидесятыми годами XVIII в. Это «Опись осетинских и ингушских сел с указанием количества дворов...» [Русско-осетинские..., 1984, с. 388-392], составленная главой Осетинской духовной комиссии протопопом И. Болгарским. В этом документе, датированным 18.07.1780 г., подводятся итоги деятельности Осетинской духовной комиссии, начатой в 1771 г. В числе прочих селений Даргавского уезда, в «Описи...» упомянут и Генал («Ганал») с 50 дворами. Принимая во вни-

мание цитату из рассмотренной выше работы Ю. Клапрота [Klaproth, 1814, с. 345; Клапрот, 1967, с. 133], можно заключить, что в «Описи...» речь идет о Восьмом Генале. Таким образом, факт существования этого (возрожденного после катастрофы) квартала селения Генал в 70-е годы XVIII в. очевиден.

Попутно заметим, что датировка «Описи...» Б.П. Берозовым [Берозов, 1980, с. 234] 1771 годом, со ссылкой на Г.А. Кокиева [Материалы..., 1933, с. 161], некорректна, поскольку из работы последнего вполне определенно следует, что «Опись...» не могла быть завершена ранее 1780 г.

Третий источник – еще одна публикация Ю. Клапрота [Klaproth, 1834], косвенно указывающая на то, что трагедия могла произойти лишь до 1770-х годов. В основу этого источника положены дневники академика И.А. Гюльденштедта, который возглавлял в 1770-1773 гг. работу на Кавказе одного из отрядов Астраханской экспедиции, организованной Петербургской академией наук. В данной публикации представляет интерес перечисление названий населенных пунктов бассейна р. Геналдон (о них И.А. Гюльденштедт мог узнать во время посещения Тагаурии в 1771 г.): Саниба, Кáni, Тменикау. Генала среди них нет.

Кстати, по сведениям А.М. Торчинова (личное сообщение), до гибели в гляциальной катастрофе Генал значительно превосходил Санибу (Старую, или Горную Санибу) как по площади, так и по численности населения. Поэтому факт его отсутствия в приведенной выше ссылке [Klaproth, 1834] может свидетельствовать лишь об одном: Генал, в его прежнем (докатастрофическом) статусе, в 1771 г. уже не существовал. Уцелевший его верхний квартал (Восьмой Генал), возможно, все еще пребывал в запустении после катастрофы середины XVIII в., или еще только начал заселяться, но не успел оформиться как полноценное селение.

В этой связи заметим, что в датированной 18.07.1780 г. «Описи...» [Русско-осетинские..., 1984, с. 388-392] приводится и с. Саниба, насчитывающее всего лишь пятнадцать дворов. Надо полагать, что и во время посещения Тагаурии И.А. Гюльденштедтом в 1771 г. число дворов в Санибе вряд ли было больше 15; тем не менее, данное селение упомянуто им в дневнике, в отличие от Генала. Это обстоятельство свидетельствует о том, что в 1771 г. в Генале не только не насчитывалось и 15 дворов, но скорее всего он еще даже не возродился как населенный пункт. Следовательно, фигурирующая в «Описи...» характеристика Генала как селения с 50 дворами относится не к началу (тогда его еще, по сути, не существовало), а к середине или даже к концу 1770-х гг.

Таким образом, принимая во внимание данные трех перечисленных источников, гибель Семи Геналов и запустение Восьмого можно корректно датировать лишь периодом ранее последней трети XVIII в.

Между тем, на рис. 40 б цитируемой монографии [Рототаев и др., 1983] указаны следы двух других гляциальных событий, датируемых XVIII в. Судя по «конечноморенным комплексам», эти события были не столь грандиозны, как катастрофа 2002 г. Тем не менее, одно из них приближалось по масштабу к катастрофе 1902 г., а второе даже превосходило ее. Их «конечноморенные комплексы» датированы, соответственно, второй половиной XVIII в. (К₆: рис. 1., п. 11) и XVIII в. (этот комплекс расположен между К₄ и К₃: рис. 1., п. 7). К сожалению, этим элементам реконструкции ледниковых изменений не сопутствуют какие-либо текстовые комментарии. Приводимая К.П. Рототаевым датировка комплекса К₆ (вторая половина XVIII в.) плохо согласуется с его же датировкой другой, близкой по времени, более грандиозной ка-

тастрофы (конец XVIII – начало XIX вв. или первая четверть XIX в.). Еще менее убедительными видятся эти датировки комплексов в свете представленных нами выше доказательств корректности отнесения гибели Семи Геналов к середине XVIII в.

Резюмируя вышеизложенные доводы, можно сделать заключение: ближайшее, сопоставимое по характеру и масштабу с катастрофой 20.09.2002 г., крупное гляциальное событие, которое могло повлечь гибель растительного покрова в Кармадонских Воротах, произошло не в конце XVIII – первой половине (вернее, четверти) XIX вв., как считалось ранее [Рототаев и др., 1976, 1983], а в середине XVIII в. (как утверждают источники, в 1752 г.). Таким образом, временной промежуток между ними составляет 250 лет.

Разумеется, достоверность рассматриваемой датировки (1752 г.), ввиду недостаточной обоснованности, можно поставить под сомнение. Вместе с тем, игнорирование ее вряд ли целесообразно, более рациональным представляется принятие этой датировки хотя бы в качестве условной. Полагаем, что даже ее коррекция (если таковая будет иметь место) не внесет принципиальных изменений в изложенную нами выше концепцию, поскольку на основании известных в настоящее время источников нельзя аргументированно датировать искомое гляциальное событие (катастрофический выброс) временем позднее середины XVIII в.

Мониторинг скальной растительности Кармадонских Ворот – инструмент фитоиндикации гляциальных катастроф в долине р. Геналдон

Изложенное выше развитие событий вполне допустимо, хотя при этом возникают, как минимум, два вопроса:

1. Насколько вероятно полное уничтожение растительного покрова на скалах Кармадонских Ворот предшественником ЛП 20.09.2002 г.?

2. Если допустить, что такое уничтожение действительно имело место, в чем причина отмеченного нами в 70-90-е годы XX в. столь медленного заселения растениями скальных поверхностей, освободившихся из-под каменно-ледового завала более двух столетий назад?

Ответы на эти вопросы следует искать в динамике гляциальной катастрофы 20.09.2002 г. и ее последствий.

О том, что заселение растениями скал Кармадонских Ворот после их освобождения из-под каменно-ледового завала, образованного предшествующим ЛП в середине XVIII в., происходило с чистого листа, свидетельствуют современные наблюдения над аналогичным завалом, возникшим 20.09.2002 г. На открытых скальных поверхностях, в результате сокрушительного удара ЛП, одни растения были уничтожены, другие сохранили жизнеспособность, лишившись надземных частей. Полностью уцелеть могли лишь отдельные особи, обитавшие в складках микро-рельефа. Напомним: по оценкам большинства источников средняя скорость ЛП существенно превышала 100 км/час [Котляков и др., 2003; Десинов, Котляков, 2005; Муравьев, 2005 и др.]. Приводятся и более высокие значения средней скорости – 320 км/час [Заалишвили и др., 2004], 329 км/час [Васьков и др., 2004], около 400 км/час [Заалишвили, Харенов, 2008].

После того, как скалы были погребены под многометровым слоем каменно-ледовой массы, оставшиеся растения или уцелевшие их подземные части на длительное время (как минимум, до нескольких лет) оказались под комплексным воздей-

ствием ряда крайне неблагоприятных факторов. Так, в результате таяния льда, длительное избыточное обводнение близких к прежней дневной поверхности скальных грунтов привело к вымоканию и однозначной гибели всего того, что уцелело в скальной толще после 20.09.2002 г. Этому также способствовали низкая температура и отсутствие света. В столь жестких условиях среды все полностью или частично уцелевшие растения и основная масса их диаспор не имели никаких шансов на выживание. Таким образом, гибель растительного покрова скал Кармадонских Ворот, погребенных на длительное время под современным каменно-ледовым завалом (равно как и под предшествующим), вполне объяснима.

Что касается феномена весьма длительного процесса освоения растениями освободившихся из-под предшествующего завала скал Кармадонских Ворот, то и ему можно найти объяснение, если обратиться к процессам, протекающим на этих же скалах в зоне завала, возникшего 20.09.2002 г. Прежде всего, надо иметь в виду, что ЛП произвел абразионную обработку открытых скальных поверхностей Кармадонских Ворот. В результате их заселение растениями из числа литофагофитов станет возможным лишь по истечении довольно длительного времени – на определенной стадии посткатастрофической сукцессии.

Следует также учитывать, что даже после завершения многолетнего таяния ледовой составляющей завала, его проседания и освобождения скальных поверхностей из-под каменно-ледовой массы, когда в заполненных мелкоземом трещинах и углублениях скал уже появятся виды хазмофитов, обнажения монолитных коренных пород еще длительное время не смогут быть местом поселения растений из числа литофагофитов. Их закреплению в скальном субстрате будут мешать фрагментарно сохраняющиеся на скалах остатки завала – рыхлые, подверженные интенсивной водно-ветровой эрозии, отложения, не являющиеся для этих растений надежной экологической нишей (рис. 2).



Рис. 2. Фрагментарно сохраняющиеся на отвесных известняковых скалах рыхлые отложения (остатки каменно-ледового завала) препятствуют возвращению на скалы растений из числа литофагофитов, главным образом узкоспециализированных видов (11.01.2012 г.)

Необходимо также иметь в виду, что материал, слагающий эти отложения, был транспортирован лавинообразным потоком в область Скалистого хребта из верховьев долины р. Геналдон, с северных склонов Казбекско-Джимарайского массива (Боковой хребет). Он имеет химический состав, отличающийся от известняков, которыми сложены скалы Кармадонских Ворот, поскольку представлен продуктами выветривания иных горных пород, основу которых составляют вулканиды андезитового состава – туфы, лавы, лавобрекчии и различные переходные разновидности; в значительных количествах там присутствуют алевролиты и окварцованные песчаники, конгломераты и гравелиты, а также позднеплиоценовые гранодиориты и нижнеюрские диабазы [Васьков, 2004; Васьков и др., 2004].

Определенное воздействие на изменение химического состава близких к дневной поверхности скальных грунтов, очевидно, оказывает и ледовая составляющая завала, поскольку степень минерализации льда в тыловой части ледника Колка была намного выше обычной для ледников Кавказа. Лед был обогащен сульфатами, концентрация которых оказалась превышенной относительно обычных значений в сотни раз [Десинов, Котляков, 2005].

Внедрившиеся в элементы микрорельефа, эти чужеродные фракции будут определенное время затруднять возвращение на скалы ряда специализированных (так называемых кальций-постоянных) видов, имеющих узкий экологический диапазон в отношении химизма субстрата и произрастающих исключительно на карбонатных породах. Среди них немало редких и исчезающих видов растений, в том числе, включенных в республиканскую и федеральную Красные книги. Таким образом, можно констатировать, что гляциальная катастрофа стала причиной катастрофы экологической, одним из результатов которой явились локальные нарушения химического состава субстрата, создавшие определенные трудности для восстановления на скалах сообществ упомянутых узкоспециализированных видов.

Перечисленные обстоятельства неизбежно отсрочат начало заселения скал Кармадонских Ворот растениями. К настоящему времени, через двенадцать лет после гляциального события 20.09.2002 г., расположенные южнее и севернее Ворот участки долины р. Геналдон (будь то скальные обнажения или склоны с развитым почвенным покровом) уже частично восстановили растительный покров, утраченный при прохождении ЛП и гляциального селя (в который, ниже Кармадонских Ворот, трансформировался ЛП). Наблюдается также активное освоение растениями поверхности завала в Канийской котловине, который, по мере таяния его ледовой составляющей, все более отчетливо преобразуется из каменно-ледового в ледово-каменный. Совсем иным образом обстоит дело с зарастанием освобождающихся из-под завала скал Кармадонских Ворот: в силу специфики протекания сукцессионных процессов, оно может начаться лишь спустя многие годы после гляциальной катастрофы, а процесс дальнейшего формирования на них растительности затянется на столетия (рис. 3, 4).

Вполне возможно, что при сохранении характеристик климата, близких к современным, даже через 200-250 лет уровень видового разнообразия сосудистых растений и общее проективное покрытие растительности на скалах Кармадонских Ворот будут примерно такими же, как и накануне катастрофы 20.09.2002 г. Более высокие значения этих характеристик в данном географическом пункте не могут быть достигнуты в принципе, пока периодически имеет место сход лавинообразных потоков, сопоставимых с тем, что обрушился в долину Геналдона 20.09.2002 г.



*Рис. 3. Освободившиеся из-под
каменно-ледового завала
известняковые скалы Кармадонских
Ворот лишены растительности.
Докатастрофический тальвег р.
Геналдон лежит в их створе на
глубине 15 м, под остатками завала,
оседающими из-за продолжающегося
таяния ледовой составляющей
(11.01.2012 г.)*

Как и в прежние века, они неизбежно будут прерывать посткатастрофическую сукцессию, после чего она снова будет начинаться почти с чистого листа. В этом и состоит особенность пространственно-временной динамики флоры и растительности скал южной оконечности каньона р. Геналдон в Скалистом хребте, отличающая его от аналогичных по расположению участков других ущелий Северной Осетии.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что отсутствие развитого растительного покрова на отвесных скалах южной оконечности теснины р. Геналдон в Скалистом хребте закономерно и перманентно. Мы полагаем, что оно является индикатором периодически повторяющихся катастрофических выбросов ледника Колка, вызывающих многолетнее погребение этих скал под каменно-ледовыми завалами. Определение их периодичности в отдаленном прошлом (ранее середины XVIII в.), необходимое для составления надежного перспективного прогноза, пока не представляется возможным из-за отсутствия репрезентативного ряда дат предыдущих катастроф, сравнимых по масштабу с той, которая имела место 20.09.2002 г. В то же время, можно констатировать, что ближайшая из них отстоит от катастрофы 20.09.2002 г. на 250 лет.

Возможно, гляциальные катастрофы подобного масштаба повторяются с определенной периодичностью, о которой мы пока можем судить лишь в самых общих чертах. Не исключено, что установленный временной промежуток в 250 лет представляет собой один из циклов развития геодинамической системы ледника Колка (в качестве самостоятельного ледника или западного притока единой в прошлом системы Майли – Колка). Этот период между двумя крупнейшими за прошедшие два с половиной столетия ледниковыми выбросами (катастрофическими выбросами 1752 и 2002 гг.) М.Г. Бергер [Бергер, 2008] назвал суперциклом.



Рис. 4. Правый борт долины р. Геналдон в окрестностях Кармадонских Ворот. Нижняя граница сообществ можжевельника обыкновенного (штриховая линия) маркирует верхнюю границу каменно-ледового завала 20.09.2002 г. Точечным пунктиром показана верхняя граница завала через несколько лет после катастрофы (13.10.2009 г.)

Продолжительность данного периода в разные по климатическим и иным условиям эпохи, очевидно, может изменяться. Однако, независимо от того, какова природа и частота подобных катастрофических ледниковых выбросов, речь идет о периодичности наиболее грандиозных гляциальных событий, которые возникают при стечении целого ряда факторов, благодаря которым вниз по долине Геналдона устремляются максимально возможные объемы каменно-ледового материала в виде ЛП, достигающих каньона этой реки в Скалистом хребте.

Колка – не единственный нестабильный ледник Казбекско-Джигарайского массива. Грандиозные каменно-ледовые обвалы, достигавшие долины Терека, происходили в Девдоракском ущелье в 1776, 1778, 1785, 1808, 1817 и 1832 гг. [Статковский, 1887; Ковалев, 1961]. Крупные выбросы и сели формировал в 1910-1913 гг. ледник Абано, а в 1909-1910 гг. катастрофическую подвижку испытал ледник Чач [Духовский, 1917; Рототаева и др., 2005]. Очевидно, последствия наиболее грандиозных из этих катастроф (при условии сходства их основных характеристик с катастрофой 20.09.2002 г.) были аналогичны таковым в долине Геналдона: скальные растения в местах разгрузки твердой составляющей водно-каменно-ледовых потоков оказывались на длительное время погребенными под каменно-ледовыми завалами и обрекались на гибель.

Заключение

Рассмотренный ботанический феномен требует дальнейшего, более углубленного изучения. Для этого необходима организация долговременного мониторинга

посткатастрофической сукцессии на скалах Кармадонских Ворот, а также поиск в других горных регионах аналогичных (более или менее выраженных) ботанических аномалий на скальных обнажениях, периодически поражаемых ЛП.

Если предположение о существовании изложенной закономерности будет подтверждено, наука и практика обретут инструмент для фитоиндикации весьма труднорегистрируемого явления. Речь идет о катастрофических ледниковых выбросах, периодичность которых может измеряться столетиями. В более конкретном смысле дело касается фитоиндикации мест максимального продвижения ЛП вниз по долине и разгрузки основной массы их каменно-ледовой составляющей в результате удара о непреодолимое препятствие. Мы имеем в виду идентификацию именно данного природного явления, поскольку прочие экзогенные процессы не оказывают на растительный покров скал столь специфического воздействия. Изучение всего комплекса особенностей этого ботанического феномена даст возможность долгосрочного прогноза подобных явлений.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 14 «Состояние окружающей среды и прогноз ее динамики под влиянием быстрых глобальных и региональных природных и социально-экономических изменений».

Литература

1. Агибалова В.В. Основные закономерности формирования и развития селей в бассейне реки Геналдон // Геология и полезные ископаемые Северной Осетии. – Орджоникидзе, 1969. – С. 194-200. (Тр. Треста «Севкавказцветметразведка»).
2. Агибалова В.В. Сели в Северной Осетии. – Орджоникидзе: Ир, 1983. – 115 с.
3. Агибалова В.В., Виленкин В.Л. Среди вечных снегов и ледников. – Орджоникидзе: Ир, 1973. – 140 с.
4. Бергер М.Г. Три гляциодинамические подвижки и четыре газодинамических выброса ледника Колка: Малоизвестные страницы и дискуссионные вопросы истории развития пульсирующего ледника. – М.: КомКнига, 2007. – 120 с.
5. Бергер М.Г. Геодинамическая система ледника Колка и вопросы прогнозирования и регулирования ее развития. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 264 с.
6. Берозов Б.П. Переселение осетин с гор на плоскость (XVIII-XX вв.). – Орджоникидзе: Ир, 1980. – 240 с.
7. Болов В.Р., Мочалов В.П., Муратов Ш.С. Итоги работы, нерешенные проблемы и задачи Межведомственной экспедиции по сбору, анализу и обобщению данных об опасных природных процессах в горных районах Северного Кавказа // Докл. междунар. конф. «Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах». – Владикавказ, 2006. – С. 56-70.
8. Будун А.С. Природа и природные ресурсы Северной Осетии. – Орджоникидзе: Ир, 1989. – 160 с.
9. Будун А.С. Природа, природные ресурсы Северной Осетии и их охрана. – Владикавказ: РИО, 1994. – 254 с.
10. Васьков И.М. Возможный механизм обвала и динамика движения ледово-каменных масс в верховьях р. Геналдон (на Центральном Кавказе в сентябре

2002 года) // Вестн. Владикавк. науч. центра. – 2004. – Т. 4. – № 2. – С. 34-45.

11. Васьков И.М., Гончаров В.И. К вопросу о признаках и возможности прогнозирования природных катастроф типа Геналдонской в горной Осетии // Тр. / Сев.-Кавк. горно-металлург. ин-т (Гос. технол. ун-т). – 2006. – Вып. 13. – С. 239-254.

12. Васьков И.М., Долгов Г.А., Музаев И.Д., Пикалюк Г.В. Динамика движения масс ледово-каменного обвала в верховьях р. Геналдон РСО-А 20 сентября 2002 года // Вестн. Владикавк. науч. центра. – 2004. – Т. 4. – № 1. – С. 18-26.

13. Десинов Л.В., Котляков В.М. Ледник Колка в 2002 году: от активизации до катастрофы // Матер. гляциол. исслед. – 2005. – Вып. 98. – С. 146-154.

14. Динник Н.Я. Путешествие по Западной Осетии // Зап. Кавк. отд. Имп. Русск. геогр. о-ва. – 1893. – Кн. 15. – С. 51-90.

15. Долгов Г.А., Буньков Ю.Д., Турлов С.А., Цхурбаев Ф.И., Кудухов В.А. Катастрофическая активизация ЭГП, связанная с обвалом ледника Колка // Природные и техногенные катастрофы РСО-Алания. – Владикавказ, 2005. – С. 147-156. (Природные ресурсы Республики Северная Осетия-Алания).

16. Дробышев В.Н. Гляциальная катастрофа в Северной Осетии 20 сентября 2002 года // Вестн. Владикавк. науч. центра. – 2012. – Т. 12. – № 3. – С. 20-36.

17. Духовский А.И. Исследование казбекских ледников: Суатиси, Мна, Орцвери, Абано, Чачского и ледника Кибиша Кистинского ущелья в 1909-1913 годах // Изв. Кавк. отд. Имп. Русск. геогр. о-ва. – 1917. – Т. 25. – № 1. – С. 1-48.

18. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Харебов А.К. Анализ инструментальных записей схода ледника Колка по данным локальной сети сейсмических наблюдений // Вестн. Владикавк. науч. центра. – 2004. – Т. 4. – № 3. – С. 58-64.

19. Заалишвили В.Б., Харебов К.С. Исследование процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года по динамическим характеристикам инструментальных записей // Тр. междунар. науч.-практич. конф. «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа». – Владикавказ, 2008. – С. 202-221.

20. Залиханов М.Ч., Ефремов Ю.В., Панов В.Д. Ледяная корона Кавказа. – Нальчик: Эль-Фа, 1999. – 123 с.

21. Клапрот Ю. Путешествие по Кавказу и Грузии, предпринятое в 1807-1808 гг. // Осетины глазами русских и иностранных путешественников (XIII-XIX вв.) / сост. Б.А. Калоев. – Орджоникидзе, 1967. – С. 105-180.

22. Ковалев П.В. Современное оледенение Казбекско-Джидарайского массива // Матер. Кавк. экспед. (по программе междунар. геофиз. года). – Харьков, 1961. – Т. 3. – С. 3-44.

23. Котляков В.М., Рототаева О.В., Десинов Л.В., Осокин Н.И. Причины и следствия катастрофического выброса ледника Колка в Центральном Кавказе // Докл. АН. – 2003. – Т. 389. – № 5. – С. 688-692.

24. Кудухов В.А., Павлиди И.А., Цхурбаев Ф.И. Ледниковые катастрофы и бурная эволюция гор // Тез. докл. 14 межвуз. регион. студ. конф. «Проблемы сохранения природы горных стран». – Владикавказ, 2002. – С. 13-14.

25. Лебедева И.М., Рототаева О.В. Климатический фактор катастрофической подвижки ледника Колка в 2002 году // Матер. гляциол. исслед. – 2005. – Вып. 98. – С. 155-161.

26. Левковский Ю.В. По среднегорью Северной Осетии. – Владикавказ: Рухс, 2005. – 208 с.

27. [Лейцингер Р.Р.] Обвал Геналдонского ледника // Ежегодник Кавказского горного о-ва в гор. Пятигорске. – 1904. – № 1 за 1902 и 1903 гг. – С. 61-66.
28. Материалы по истории Осетии (XVIII век). – Т. 1 / документы собран, введением и примечанием снабдил Георгий Кокиев. – Орджоникидзе, 1933. – 345 с. (Изв. Сев.-Осет. н.-и. ин-та. – 1934. – Т. 6).
29. Муравьев Я.Д. Газовое извержение в цирке – возможная причина развития подвижки ледника Колка по катастрофическому сценарию // Матер. гляциол. исслед. – 2005. – Вып. 98. – С. 44-55.
30. Никитин М.Ю., Гончаренко О.А., Галушкин И.В. Динамика и стадийность развития Геналдонского ледово-каменного потока на основе дистанционного анализа // Вестн. Владикавк. науч. центра. – 2007. – Т. 7. – № 3. – С. 2-15.
31. Никитин М.Ю., Хуггел К., Шварц М., Гончаренко О.А., Галушкин И.В. Дешифрирование дистанционных материалов для реконструкции процесса обрушения ледника Колка // Докл. междунар. конф. «Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах». – Владикавказ; М., 2006. – С. 156-160.
32. Осетинское народное творчество / сост. З.М. Салагаева. – В 2 т. – Т. 2. – Владикавказ: Ир, 2007. – 655 с. (осет.).
33. [Пагирев Д.Д.] Падение ледников с Гимарай-хоха // Изв. Кавк. отд. Имп. Русск. геогр. о-ва. – 1902. – Т. 15. – С. 205-210.
34. Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Лурье П.М. Ледниковый обвал в горах Северной Осетии в 2002 г. // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 12. – С. 94-98.
35. [Пастухов А.В.] Сообщение А.В. Пастухова об его восшествии на Казбек 29-го июля [1889 г.] // Изв. Кавк. отд. Имп. Русск. геогр. о-ва. – 1889-1891. – Т. 10. – № 1. – С. 134-145.
36. Перов В.Ф. Селевые явления: терминологический словарь. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. – 46 с.
37. Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Черноморец С.С. По следам Геналдонской катастрофы: год спустя // Криосфера Земли. – 2004. – Т. 8. – № 1. – С. 29-39.
38. Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Черноморец С.С. Оценка и прогноз динамики ледовых образований и рельефа после Геналдонской катастрофы 2002 года // Докл. междунар. конф. «Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах». – Владикавказ, 2006. – С. 171-178.
39. Поггенполь Н.В. По северным долинам Казбекского массива и первое восхождение на Майли-хох // Ежегодн. Русск. горн. о-ва. – 1905. – Вып. 3 за 1903 г. – С. 1-37.
40. Познанин В.Л. Механизмы селевых ледниковых катастроф: Колка 2002. – М.: ИМГРЭ, 2009. – 180 с.
41. Попов К.П. По тропам родного края: спутник краеведа. – Орджоникидзе: Ир, 1982. – 120 с.
42. Попов К.П. Памятники природы Северной Осетии. – Владикавказ: Ир, 1994. – 119 с.
43. Поповнин В.В., Петраков Д.А., Тутубалина О.В. Гляциальная катастрофа 2002 года в Северной Осетии // Природные и техногенные катастрофы РСО-Алания. – Владикавказ, 2005. – С. 177-193. (Природные ресурсы Республики Северная Осетия-Алания).
44. Поповнин В.В., Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Черноморец С.С. Гляциальная катастрофа 2002 года в Северной Осетии // Криосфера Земли. – 2003. – Т.

7. – № 1. – С. 3-17.

45. 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 в Северной Осетии // Вестн. Владикавк. науч. центра. – 2004. – Т. 4. – № 3. – С. 41-50.

46. Россиков К.Н. Состояние ледников северного склона Центрального Кавказа. Отчет за 1893 и 1894 гг. // Зап. Кавк. отд. Имп. Русск. геогр. о-ва. – 1896. – Кн. 18. – С. 279-322.

47. Рототаев К.П., Ходаков В.Г., Кренке А.Н. Исследование ледника Колка. 1970-1975: научно-технический отчет по теме «Изучение колебаний и катастрофических наступаний ледников» (заключительный) / Ин-т географии АН СССР. – М., 1976. – В 4 т. – Т. 1. – С. 1-120; Т. 2. – С. 121-192. (рукопись).

48. Рототаев К.П., Ходаков В.Г., Кренке А.Н. Исследование пульсирующего ледника Колка. – М.: Наука, 1983. – 169 с.

49. Рототаева О.В., Котляков В.М., Носенко Г.А., Хмелевской И.Ф., Чернов Р.А. Исторические данные о подвижках ледников на Северном Кавказе и Кармадонская катастрофа 2002 г. // Матер. гляциол. исслед. – 2005. – Вып. 98. – С. 136-145.

50. Русско-осетинские отношения в XVIII веке: Сборник документов. – В 2 т. – Т. 2. – 1764-1784 гг. / сост. М.М. Блиев. – Орджоникидзе: Ир, 1984. – 439 с.

51. Статковский Б.И. О причинах происхождения казбекского завала. – Тифлис: Типогр. Я.И. Либермана, 1887. – 64 с.

52. Тушинский Г.К. Ледники, снежники, лавины Советского Союза. – М.: Гос. изд-во геогр. литер., 1963. – 311 с.

53. Цагаева А.Д. Топонимия Северной Осетии. Ч. 2. (Словарь географических названий). – Орджоникидзе: Ир, 1975. – 560 с.

54. Цхурбаев Ф.И. Причины обвала ледника Колка // Природные и техногенные катастрофы РСО-Алания. – Владикавказ, 2005. – С. 156-159. (Природные ресурсы Республики Северная Осетия-Алания).

55. Чеджемты А.З. Огонь солнечный. – Владикавказ: Ир, 1997. – 487 с. (осет.).

56. Штебер Э.А. Ледниковые обвалы в истоках Геналдона на Кавказе // Екатеринославск. науч. о-во. – 1902. – Год 2-й. – № 7. – С. 3-19.

57. Штебер Э.А. Ледниковые обвалы в истоках Геналдона // Терский сборник: литературно-научное приложение к «Терскому календарю» 1904 г. – 1903а. – Вып. 6. – С. 233-248.

58. Штебер Э.А. Поездка на Геналдон в 1902 году. Санибанская катастрофа // Зап. Крымск. горного клуба. – 1903б. – № 11, 12. – С. 31-50.

59. Klaproth J.Dr. J. A. Güldenstädts Beschreibung der Kaukasischen Länder. – Berlin: Im Verlage der Stuhrschen Buchhandlung, 1834. – 246 S.

60. Klaproth J. Reise in den Kaukasus und nach Georgien unternommen in den Jahren 1807 und 1808, auf Veranstaltung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, enthaltend eine vollständige Beschreibung der kaukasischen Länder und ihrer Bewohner... – Bd. 2. – Halle; Berlin: In den Buchhandlungen des Hallischen Waisenhauses, 1814. – 288 S.

GLACIAL EVENTS IN THE VALLEY OF GENALDON RIVER IN XVIII-XXI CENTURIES: PROBLEMS OF DATING AND PLANT INDICATION

© 2014 A.L. Komzha

**Center of Geophysical Investigations of the Russian Academy of Sciences and
Government of Republic North Ossetia-Alania, e-mail: alkomzha@yandex.ru**

The problems of glacial catastrophes and non-catastrophic glacial surges of Kolka glacier dating discussed. The possibility of phytoindication consequences of glacial catastrophes in the valley of Genaldon river considered. The resulted arguments convincingly prove actuality of plant indication methods for exposure of glacial catastrophes tracks in the landscape. The noted conformities can be used as an instrument of prognostication, in particular for the search of valleys, potentially dangerous in regard to a defeat avalanche-type streams and glacial mudflows in different mountain regions.

Keywords: surging glacier Kolka, Karmadon Gates, Genal village, glacial catastrophe, avalanche-type stream (ultramudflow), surge, glacial mudflow, rock and ice blockage, dating, postcatastrophic succession, plant indication.

НАШИ ГОСТИ

УДК 550.34

О СЕЙСМОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ВЫЗВАННОЙ НЕФТЕДОБЫЧЕЙ

© 2014 Т.О. Бабаян

Институт геофизики и инженерной сейсмологии имени академика А. Назарова
НАН РА, 3115, г. Гюмри, В. Саркисяна, 5, Республика Армения, e-mail:
tambabayan@mail.ru

Землетрясения страшные катастрофические явления, которые за несколько секунд уничтожают людей, целые города и села, культурные и материальные ценности созданные людьми в течение веков и многих лет, вызывают продлившиеся многие годы последующее трагическое возрастание различных психологических, сердечных, нервных и др. заболеваний, изменяют экологический баланс окружающей среды и возвращают назад все сферы устойчивого развития человеческого общества в регионе, подверженном землетрясению.

В статье определены причины и характер проявления и активизации сейсмических процессов вследствие интенсивной разработки нефтяных месторождений в Закавказском регионе, путем исследования современных движений, геологических, геодинамических и инженерно-геологических явлений, процессов в нефтеносных пластах, распределения очагов и изменения сейсмичности в течение времени добычи нефти.

Ключевые слова: нефтедобыча, инженерно-геологические явления, сейсмичность.

Сейсмические события

В различных странах мира, где добывалась нефть, после нефтедобычи в регионе наблюдалась активизация сейсмических процессов с соответствующими последствиями. Ряд исследователей причиной землетрясений в зонах нефтедобычи считали такие инженерно-геологические процессы, как оседания пород. При этом в пластах, лишенных нефти вследствие ее добычи, образуются пустоты, снижается пластовое давление, что иногда приводит к уплотнению этих пластов и оседаниям земной поверхности. Но вызванному при этом землетрясению не следуют афтершоки. Исследования характера сильных землетрясений в зонах нефтедобычи привело к иной оценке причин их возникновения.

Исследования Старогрозненских очагов землетрясений на северном Кавказе, в районе Старогрозненского нефтяного месторождения, показали тектоническое происхождение землетрясения 26 мая 1971 года, $M=4,1$, $I_0=7-8$, но возбужденного разработкой нефтяных месторождений [Смирнова, 1977]. Очаги Старогрозненских землетрясений находились на глубинах от 2,5 км до 22 км.

Статистика сохранила множество данных в особенности о Шамахинских разрушительных землетрясениях, на расстоянии около 50-70 км от Бакинских нефтеорождений: 1192 г. ($M=4,5$, $I_0=7-8$), 1668 г. ($M=6,1$, $I_0=8-9$), 1671 г. ($M=5,2$, $I_0=8-9$), 1828 г. ($M=5,7$, $I_0=8$), 1859 г. ($M=5,9$, $I_0=8-9$), 1869 г. ($M=5$, $I_0=8$), 1872 г. ($M=5,7$,

$I_0=8-9$), 1875 г. ($M=5,4$, $I_0=8$), 1902 г. ($M=6,9$, $I_0=8-9$), 1956 г. ($M=5,3$, $I_0=7-8$) [Новый каталог..., 1977; Бюс, 1948, Бабаян, 2011 и др.].

Согласно составленной Шебалиным Н.В. карте, изосейст разрушительного Шамахинского землетрясения 1902 года, большая ось эллипса – зоны интенсивного проявления землетрясения, тянулась к Апшеронскому полуострову и прибрежным зонам Каспийского моря [Шебалин, 1982]. Происхождение Газанджикского землетрясения в 1946 году ($M=6,5$) на противоположном от Апшеронского полуострова берегу Каспийского моря, которое охватило город Небит-даг Туркмении, специалисты также связывают с явлениями, происшедшими в нефтеносных горизонтах. Причем эпицентр этого землетрясения находился около 100 км восточнее от Каспийского моря, а его изосейсты тянулись к Апшерону. То же самое можно сказать о Краснодарском землетрясении 1895 года. Помимо сказанного выше, идет развитие грязевого вулканизма, что указывает на наличие единой сейсмогенной зоны, проходящей через Шамахи – Апшерон – Небит-даг и восточнее, к которой приурочены очаги землетрясений.

Современные движения

Новейшие и современные движения земной коры выражаются интенсивными опусканиями и поднятиями прибрежной части Каспийского моря. Такие движения здесь отмечались еще несколько столетий назад. Например, во время землетрясения 743 года ($M=4,9$, согласно [Мушкетов, 1887], эпицентр в Иране) берег Каспийского моря (у Дербента) вместе с крепостной стеной опустился под море; в 957 году во время землетрясения ($M=5,5$) Каспийское море отступило на 150 метров; в 1868 г. 26 апреля, в Баку было замечено, что уровень Каспийского моря поднялся, затем опустился на полметра, исчез остров Погорелая плита, который в этом году был выше моря на 2 метра; в 1861 г. у острова Кумани появился остров, который в 1862 г. опустился до уровня моря, в 1863 г. снова поднялся; 15.04.1878 на окраине Баку в сторону моря земля поднялась на 60 м; 10.10.1923. у с. Бузовны появился остров высотой 3 м и т. д.

На сеймотектонической карте можно наблюдать приуроченность очагов сильных и разрушительных землетрясений с сейсмогенными нарушениями региона (рис. 1). Статистика показывает, что Шамахинские землетрясения связаны с интенсивной добычей нефти и, одновременно, приурочены к узлу пересечения ряда сейсмогенных тектонических нарушений. Это тектонические нарушения по линиям:

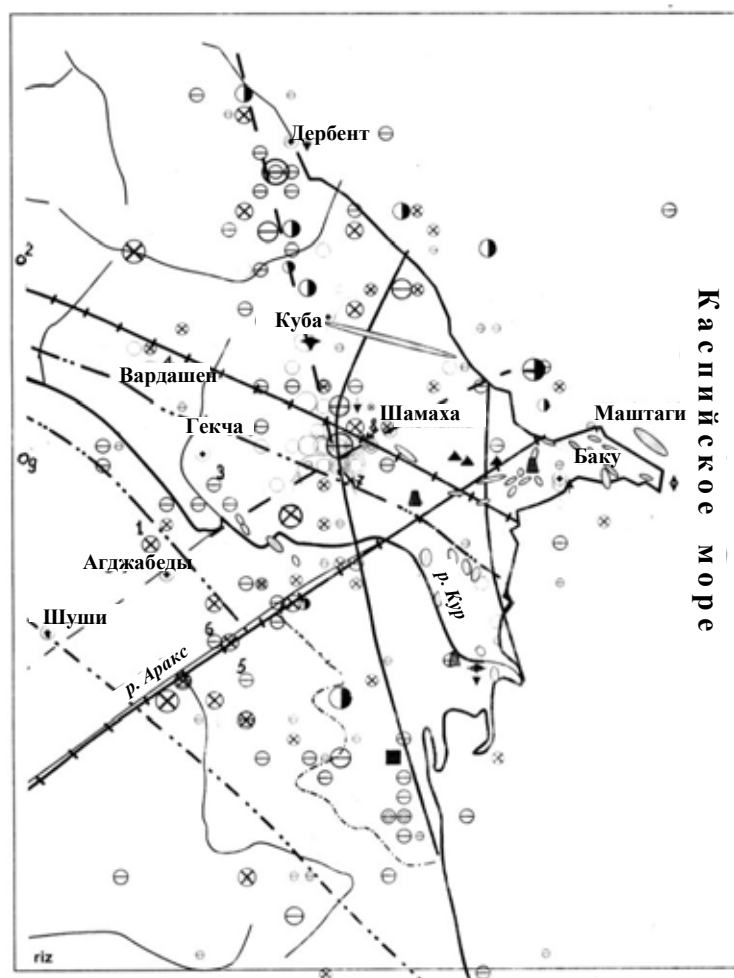
1. Сумгаит – Южнее Шамахи – долина р. Аракс – к югу от Нахичеваня (восточная ветвь Пальмиро-Апшеронского глубинного разлома), где он пересекается с другим сейсмогенным разломом, который по ущелью р. Аракс продолжается к Эрзеруму (Анатолийский разлом) и западнее, а к юго-востоку простирается по направлению Тавриз – Тегеран,

2. Остров Булла – Шамахи – Геокчай – Вардашен – Нухи – и его З-СЗ продолжение в сторону Грузии,

3. Прикаспийская, меридионального направления сеймотектоническая зона по линии Дербент – Куба – Шамахи – Ленкорань и южнее в Иран.

На карте выделяется также четвертая сейсмогенная зона по направлению Астара – Агджабеди – Гянджа и к западу, к которому также приурочены эпицентры землетрясений.

Причем землетрясения приурочены не только к ближним к зонам нефтедобычи нарушениям. О связи между нефтедобычей и землетрясениями, приуроченными к удаленным частям сейсмогенных разломов и их разветвлений, к примеру, говорит очень интересное сообщение Бюса Е.И. о том, что 1 окт. 1851 г., в 11 часов в Шамахе произошло землетрясение, и что одновременно произошло землетрясение в Реште (360 км) и Энзели (385 км) в Иране. Другое его сообщение гласит, что в 1859 году, с 14 июня, 11 дней подряд, произошли землетрясения и в Шамахе и в Эрзеруме одновременно [Бюс, 1948]. Это интересное явление является темой отдельных исследований.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Магнитуда			
3 ≤ M ≤ 4	4,1 ≤ M ≤ 5	5,1 ≤ M ≤ 6	6,1 ≤ M ≤ 7
○	○	○	○
Глубина			
2,5 ≤ H ≤ 10	10 < H < 50	50 < H < 100	H > 100
○	○	○	○

1. ————	4. ↓
2. - - - -	5. ○
3. а. ▲	6. ↓ ↓ ↓
б. ▲	
в. ▲	
г. ■	

Рис. 1. Сейсмотектоническая карта Восточного Кавказа.

1. Тектонические нарушения различного класса по А. Габриеляну (1981); 2. Оси сейсмотектонических зон отмеченные нами; 3. Извержения, проявленные во время землетрясений: а) газово-огненные, б) грязевые, в) соляные; 4. Осадки грунтов; 5. Обнаруженные нефтяные и газовые поля; 6. Современные контрастные движения.

О перераспределении сейсмической энергии говорит также миграция очагов землетрясений. С этой точки зрения наглядным примером может служить миграция очагов афтершоков разрушительного Шамахинского землетрясения 13.02.1902 года. Как видим на рис. 1, эти афтершоки (приведенные наряду с землетрясениями с $M \geq 3$), нумерованные от 1 до 9, приурочены к различным сейсмогенным зонам исследуемой территории.

Геологические и геодинамические явления

На исследуемой территории наблюдались многочисленные, характерные к таким зонам геологические, геодинамические и инженерно-геологические явления, сопровождающие сильные землетрясения. При Маштагинском землетрясении 1842 г., с эпицентром непосредственно в зоне нефтедобычи – в Апшеронском полуострове, у села Сурхани, во время землетрясения появился огонь, была разрушена деревня Зар, что по-армянски означает сверкающий. И вообще во время многих Шамахинских землетрясениях у ближайших деревень в широких трещинах, образовавшихся в грунтах, горел огонь высотой, иногда достигающей до 40-60 м (26.03.1851, по середине дороги из Баку в Шамахи), а в случае события 23 июля 1845 г. в 35 км от Шамахи, в долине р. Пирсагет извержение пламени продолжалось на протяжении 45 минут [Бюс, 1948].

По сравнению с флюидами, газы обычно мигрируют на большие расстояния, и газовые извержения с воспламенением во время землетрясений могут проявляться на довольно большом расстоянии, как от месторождений нефти, так и от эпицентра землетрясения. Например, огненные извержения возникли 24.09.1848 г. у села Мараза на расстоянии около 20-30 км от промышленной залежи, 60 км от эпицентра главного толчка землетрясения и около 17 км восточнее от г. Шамахи. Грязевой вулканизм широко развит в Шамахинском узле пересечений сейсмогенных разломов, в Апшеронском полуострове, нижнекуруинском районе и в Каспийском море (в направлении к противоположному берегу от Апшерона) [Алиев, Багир-Заде, 1985].

Изменение сейсмичности с добычей нефти

Обычно в регионах, где эксплуатируются нефтяные месторождения, степень сейсмической активности меняется по следующим этапам.

Первый этап – это период фоновой сейсмичности, до массовой эксплуатации нефтяных залежей. Затем следует период спада сейсмической активности, когда вследствие откачки нефти увеличиваются силы трения и сцепление между частицами пород на поверхности скольжения разлома, увеличивается сопротивление сдвигу, сейсмические напряжения не разряжаются, а скапливаются. На следующем этапе рост суммарной нефтедобычи действует как спусковой механизм, происходят землетрясения. Это период возрастания сейсмической активности. Под влиянием высокого давления порово-трещинных вод и газов происходят извержения в виде гейзеров не только нефти, газа и воды, но и большого количества обломков породы, грязи, песка и даже соли [Кострин, 1967].

1. Процессы в нефтеносных пластах.

Примеры «живой тектоники» в Старогрозненском месторождении геологи отмечали еще в первые годы его эксплуатации. При этом части пласта вдвигаются одна в другую, породы дислоцируются и разрываются. Исследуемые зоны (Шамахинский, Апшеронский, Прикаспийский и др.) также осложнены серией продоль-

ных и поперечных нарушений. Залежи нефти приурочены в основном к сводовым, тектонически экранированным и стратиграфическим ловушкам. Изменение проводимости по плоскостям сейсмогенных разломов создает возможность фильтрации флюидов.

Глубина до 9 км специалистами считается критической границей для нефти, так как глубже преобладают сверхвысокие пластовые давления, свыше 650-700 атм, а температурный барьер 150-200°C. В таких условиях уже вместо нефти развиваются газоконденсаты [Алиев, Багир-Заде, 1985].

Современные движения также обуславливают направление и масштаб миграции флюидов. Развитие флюидодинамических процессов на этом периоде обуславливает изменение локального геомагнитного поля перед землетрясением [Григорян, 2000].

Очевидно, что таков процесс подготовки возникновения Апшеронских, значительной части Шамахинских и других землетрясений в зонах нефтедобычи.

2. Изменение сейсмичности в течение времени добычи нефти.

Отмеченный процесс активации сейсмичности, вызванной нефтедобычей, можно называть локальным, в отличие от вызванной по той же причине активации региональной сейсмичности.

Для более наглядного представления связи между нефтедобычей и увеличением сейсмической активности в регионе, нами составлен график, на котором отмечены землетрясения, происшедшие за исторический период в восточной части региона (в данном случае за время 743-2000 гг.) [Бюс, 1948, Новый каталог..., 1977; Babayan, 2006] (рис. 2). Для обеспечения одинаковой степени представительности сейсмических событий во время анализа, учтены только землетрясения с $M \geq 4$. Анализ графика показывает, что этап фоновой сейсмичности (чисто тектонического происхождения) продолжался до 1828 г. Сюда входят также периоды сейсмического затишья, из которых наиболее продолжительными были периоды между 957-1139, 1192-1667, 1722-1818 годами.

Чтобы подтвердить достоверность исторических сообщений в связи с долговременностью сейсмических затиший, нами учтены все крупные исторические события, в частности войны (наиболее частые войны происходили между Персией и турками, последние появились здесь со второй половины 15-го века).

Оказалось, что историками землетрясения фиксированы даже при сложных военно-политических ситуациях, а сейсмические затишья наблюдаются и в мирные времена. Итак, сейсмические события на исследуемой территории сначала имели тектоническое происхождение, как землетрясения других частей региона. Но с 1813 года исследуемая территория, которая в средние века была частью Ирана, вошла в состав России, и с 1575 года экспортировала нефть в Европу (Германия, Нидерланды, Испания, Франция и др.). Еще в 1719-20 гг. кустарным способом добывали около 100000 фунтов нефти. Первый нефтеперерабатывающий завод в Баку работал с 1837 по 1839 годы, затем были основаны Сурханский завод в 1860 г. и завод Д. Меликова в 1863 г. В 1869 г. в Баку было 23 таких предприятия, в 1872 г. их число увеличилось до 57, а в 1876 г. – до 146. В отмеченный последний период эти заводы давали 80.000 тонн осветительных масел в год. Итак, с 1828 года произошла активация сейсмических событий в регионе и очевидна ее связь с нефтедобычей. Количество добываемой нефти в советское время держалось в строгой секретности. По данным руководителя лаборатории нефти и газа Института Геологии НАН РА

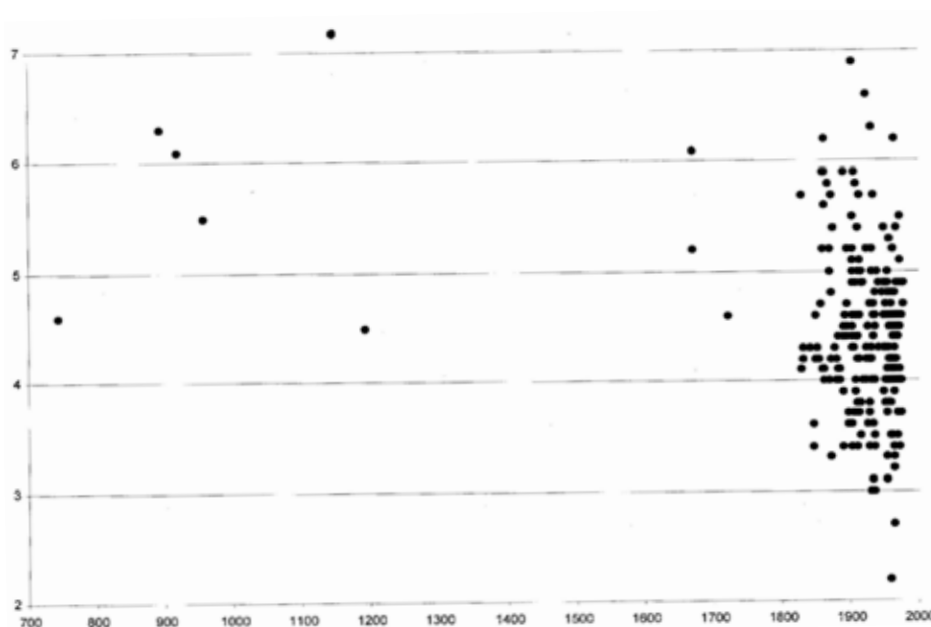


Рис. 2. Распределение землетрясений во времени

докт. Ю. Каграманяна в первые годы Советской власти здесь добывался 1,5-2 млн. тонн нефти в год, а в 70-ые годы – 12-16 млн. тонн

3. Добыча нефти и распределение очагов землетрясений.

Для выявления связи между нефтедобычей и распределением землетрясений с соответствующими глубинами очагов, к примеру, составлен график по меридиональной сейсмогенной зоне по линии Дербент – Куба – Шамахи – Ленкорань и южнее по прибрежной части Каспийского моря в Иран (рис. 3).

На графике отмечены также примерные контуры продуктивной толщи нефти. Согласно этому графику большая часть Шамахинских землетрясений имели глубину очага выше критической для нефти границы, т. е. менее 10 км. На протяжении сейсмогенной зоны глубина очагов землетрясений доходит до 20-25 км, что в основном совпадает с глубиной подошвы осадочного чехла на этой территории.

Самая большая глубина очагов землетрясений до 75 км наблюдалось между Дербентом и Кубой. К югу глубина и интенсивность очагов землетрясений уменьшается кроме землетрясения происшедшего западнее Соляни. У Ленкорана и еще южнее уменьшаются как интенсивность, так и глубина очагов землетрясений, кроме Ардебильского землетрясения 891 г. с $M = (6.3)$, $h = (20 \text{ км})$, западнее от разлома.

Обсуждения и выводы

Интенсивные периодические откачки нефти и проникновение флюидов в образовавшиеся пустоты приводят к перераспределению сейсмических напряжений не только в верхней части, и не только ограниченного участка сейсмогенной зоны. Ситуация усложняется тем, что миграции флюидов способствуют современные контрастные движения Прикаспийского берега.

Несмотря на то, что при нефтедобыче напряжения снимаются постепенно, в отличие от землетрясений, когда напряжения снимаются сразу (разряжаются), все же, в особенности при интенсивной добыче нефти и газа, в довольно широких пространствах земной коры происходит перераспределение напряжений. И если в

сейсмогенных тектонических зонах этого региона имеются подготовленные очаги, то перераспределение этих напряжений может спровоцировать возникновение сильных землетрясений. Таким образом, могут возникнуть землетрясения с глубокими очагами, могут активизироваться различные участки пересекаемых сейсмогенных разломов на больших расстояниях, обуславливая вызванную активизацию сейсмичности в регионе, с последующими сейсмо-экологическими катастрофами.

Литература

1. Алиев А. И., Багир-Заде Ф. М. Месторождения нефти и газа и перспективные структуры. Аз. ССР, ЕЛМ, Баку, 1985.
2. Бюс Е. И. Сейсмические условия Кавказа, часть 1. АН Груз. ССР, Тбилиси, 1948.
3. Бабаян Т. О. Является ли Шамахинское землетрясение 1668 года сильнейшим на Кавказе. Вопросы инженерной сейсмологии. ISSN, 0132-2826, т. 38, № 2, Москва, декабрь 2011, 71-80.
4. Габриелян А. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П. Сейсмоструктура Армянской ССР, ЕГУ, Ереван, 1981.
5. Григорян А. Г. Изменение локального геомагнитного поля при изучении геодинамического процесса на территории Армении, Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук, ИФЗ АН России, Москва, 2000.
6. Кострин К. В. Почему нефть называется нефтью, Недра, Москва, 1967.
7. Мушкетов И. В. Материалы по изучению российских землетрясений, Известия Российского Географического общества, том 1, Приложение к т. 35, 1887-98.
8. Смирнова М. Н. Возбужденные землетрясения в связи с разработкой нефтяных месторождений в кн. Влияние инженерной деятельности на сейсмический режим, Наука, Москва, 1977, 128-141.
9. Шебалин Н. В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР, Наука, Москва, 1982.
10. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. Отв. ред. Шебалин Н. В., Кондорская Н. В. АН СССР, М., Наука, 1977, 535 стр.
11. Babayan T. No. Oil Extruction and Its Influence on Modern Motions, Seismological and Geomorphological Conditions. Проблемы геоморфологии и неотектоники горных областей Альпийско-Гималайского пояса. Тезисы докладов Международной тематической конференции посвященной 1700-летию принятия Христианства в Армении как государственной религии. 14-21 окт., 2001 г., Ереван, 2001, с. 61-62.
12. Babayan T. No. Atlas of the Strong Earthquakes of the Republic of Armenia, Artsakh and Adjacent Territories From Ancient Times Trough 2003. Tigran Mets Publishing House, Armenia, 2006, ISBN: 99941-0-168-4, 140 p.

ABOUT A SEISMOECOLOGICAL DANGER CAUSED BY THE OIL OUTPUT

© 2014 T.O. Babayan

Institute of geophysics and engineering seismology of NAS of the RA, 5, Sarkisian st.,
Gyumry, Republic of Armenia, 3115, e-mail: tambabayan@mail.ru

Earthquakes are the terrible catastrophic phenomena, which after several seconds destroy people, entire cities and villages, cultural and material values created by people for the centuries and many years, produce prolonged many years the subsequent tragic growth of different psychological, heart, nervous and other diseases, they change the ecological balance of environment and return back all spheres of the steady development of human society in the region, subjected to earthquake.

In the article are determined the reasons and the nature of manifestation and activation of seismic processes as a result of the intensive development of petroleum deposits in the Transcaucasian region, by investigating of contemporary motions, geological, geodynamic and geological engineering phenomena, processes in the oil-bearing layers, the distribution of centers and change in the seismicity in the period of oil production.

Key words: oil output, geological engineering phenomena, the seismicity.

ДИСКУССИИ, ОБСУЖДЕНИЯ

УДК 551.24 (234.9)

ОБ ЭВОЛЮЦИИ И СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ГЛЯЦИОЛОГОВ О КАТАСТРОФЕ НА ЛЕДНИКЕ КОЛКА И В ГЕНАЛДОНСКОМ УЩЕЛЬЕ 20 СЕНТЯБРЯ 2002 Г. СПИСОК Л.В. ДЕСИНОВА: ФАКТЫ И АРТЕФАКТЫ

© 2014 М.Г. Бергер^{1,2}, д.г.-м.н., проф.; В.Б. Заалишвили², д.ф.-м.н., проф.

¹Северо-Кавказский инновационный центр «Устойчивое развитие горных территорий»; ²Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова 93а. e-mail: berger7@rambler.ru; cgi_ras@mail.ru.

В статье рассмотрен список Л.В. Десинова, содержащий, по его утверждению, перечень фактов, характеризующих катастрофу на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 г. Приведены краткие комментарии к этим фактам. Показаны существенная (но только частичная) трансформация и современное состояние представлений Л.В. Десинова о характере и причинах Колкинской катастрофы и дана оценка их обоснованности.

Ключевые слова: Ледник Колка, катастрофа 2002 г., факты, артефакты.

Дадим краткое определение: артефакт – выдаваемое за факт утверждение, не соответствующее действительности.

Факты – основа идентификации (диагностики) характера, сущности Колкинской катастрофы, необходимой для установления ее причин.

Существует весьма обширный, многочисленный и разнообразный комплекс фактов, характеризующих грандиозную природную катастрофу на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 г.

Нередко весьма различны генетическая интерпретация этих фактов и оценка заключенного в них смысла и их значения для познания и объяснения Колкинской катастрофы. Существенно различна и степень соответствия этих фактов действительности.

В данной статье мы ограничимся лишь далеко не полным списком таких фактов, приведенным Л.В. Десиновым [Десинов, 2014], и очень краткими комментариями к этому списку.

Используемая ниже нумерация соответствует нумерации, приведенной в списке Л.В. Десинова [Десинов, 2014].

1. По утверждению Л.В. Десинова [Десинов, 2014], об эволюции ледника Колка до его позиционирования в каньоне на выходе в долину р. Геналдон информация отсутствует.

Это утверждение может рассматриваться как отказ от приведенной ранее [Десинов, 2004; и др.] весьма детальной информации об этой эволюции, оказавшейся, в частности, по данным космофотосъемки [Тутубалина и др., 2005], во многом необоснованной и ошибочной, и ставит под сомнение обоснованность некоторых сведений, приведенных в качестве фактов [Десинов, 2014].

На самом же деле имеется весьма значительная (хотя, конечно, далеко не полная) очень важная информация о состоянии и эволюции ледника в это время и Л.В. Десинов в последующей части своего списка неоднократно (хотя, к сожалению, далеко не в полной мере) приводит эту информацию (см. ниже).

2. В качестве «факта 2» Л.В. Десинов [Десинов, 2014] приводит высказывание К.П. Рототаева [Рототаев и др., 1983] о «*турбулентно-вязком ледовом селе со значительным водосодержанием*» и «*селе турбулентно-жидкого типа*» (еще до Скалистого хребта), очевидно, полагая, что именно таким был характер Колкинской катастрофы 2002 г.

По отношению к Колкинской катастрофе 2002 г. это заключение Л.В. Десинова не соответствует действительности и должно считаться одним из наиболее распространенных артефактов в данной области.

Такому заключению Л.В. Десинова противоречат характеризующие эту катастрофу многочисленные факты как приведенные Л.В. Десиновым [Десинов, 2014] (см. ниже), так и не приведенные им [Черноморец, 2005; Дробышев, 2012 и др.].

3. Под этим номером Л.В. Десинов [Десинов, 2014] приводит некоторые известные [Рототаев и др., 1983] сведения о леднике Колка, не определяющие, однако, характер и причины происходящих на леднике событий и, соответственно, не дающие оснований для их расшифровки.

4. Продолжая приведенную в предыдущем пункте информацию, Л.В. Десинов [Десинов, 2014] отмечает существование препятствия (левой береговой морены), которое «затрудняет движение льда и способно надолго задерживать его быстрое продвижение, провоцируя импульсный выброс после накопления большой критической порции льда» под воздействием «роста напряжений сдвигающих сил».

Но это не может привести к взрывному выбросу ледника, подобному его выбросу 20 сентября 2002 г., о котором далее пишет Л.В. Десинов, и, соответственно, не могло вызвать Колкинскую катастрофу в ее нынешнем понимании Л.В. Десиновым (при всей непоследовательности, противоречивости и в значительной мере ошибочности его понимания – см. ниже).

5. Вышеизложенное (пп. 3 и 4) в полной мере относится и к упоминаемым Л.В. Десиновым еще двум препятствиям, которые приходится преодолевать наступающему леднику Колка, – это «крутой поворот ущелья на 60°» и «очень тесный поперечный профиль ущелья, в которое с трудом втискивается наступающий ледник».

6. «Как всякий карово-долинный ледник, Колка имеет переуглубленное ложе и поперечный уступ, способствующий накоплению на ложе большого объема воды» [Десинов, 2014].

Здесь Л.В. Десинов, очевидно, возвращается к своим прежним представлениям, согласно которым «решающая роль в катастрофическом характере последней подвижки ледника Колка принадлежит воде» [Десинов, 2004, с. 79].

Собственно говоря, в течение более десяти лет, прошедших со дня этой катастрофы, Л.В. Десинов никогда не отказывался от таких представлений, лишь в по-

следние годы иногда эклектично дополняя их высказываниями о «взрывном характере» Колкинской катастрофы без раскрытия конкретной роли воды в механизме ее протекания.

7. «Тыловая область ледника Колка расположена в месте пересечения двух крупных разломов земной коры» [Десинов, 2014].

Это, действительно, очень важный факт для понимания избирательности проявления Колкинской катастрофы с учетом ее газодинамической природы. Не понимая, однако, значения данного факта для определения характера и причин Колкинской катастрофы, Л.В. Десинов никак не комментирует его и ограничивается лишь приведением следующего факта (п. 8).

8. «Обрушение висячих ледников и горных пород произошло только вдоль узкой полосы пересечения правого склона ледника Колка субмеридиональным разломом земной коры» [Десинов, 2014].

Именно вдоль этой полосы проявилась и наиболее явно выраженная газовая пред- и послекатастрофическая поствулканическая (фумарольная) деятельность.

Совершенно очевидно, что именно в этой разломной трещинно-разрывной зоне высокой проницаемости земной коры происходил и наиболее интенсивный сосредоточенный концентрированный прорыв высоконапорных глубинных поствулканических газов, сопровождавшийся мощным динамическим и термальным воздействием на ледники (в том числе на ледник Колка, а также висячие ледники северного склона г. Джимарайхох и ее восточных отрогов) и породы их скального основания.

9. «С 21 марта по 17 сентября (2002 г.) в Северной Осетии произошло 18 землетрясений с магнитудой более 1 балла. 14 июля и 25 августа сила толчков превысила 3 балла» [Десинов, 2014].

Этот факт и его значимость в плане подготовки Колкинской катастрофы Л.В. Десинов также оставляет без комментариев. Тем не менее, явно повышенная сейсмическая активность данного этапа, как можно думать, могла привести к усилению интенсивности протекания в данном районе процессов сеймотектонического пульсационного нагнетания глубинных флюидов (в том числе поствулканических газов), в соответствии с известной дилатансной (дилатансионной) флюидно-диффузионной моделью [Файф и др., 1981, с. 350 и далее; и др.]. Это, естественно, ускоряло подготовку газодинамического выброса ледника Колка, приближало время его проявления.

10. «Горные породы и лед обрушились в тыловую область ледника с его правого склона задолго до катастрофы» [Десинов, 2014].

Обстоятельное рассмотрение данного вопроса, по которому все еще существуют различные мнения, недавно проведено в работе [Бергер, 2012в].

11. «До лета 2002 г. тыловая область ледника Колка была ровной без следов обвала льда и горных пород» [Десинов, 2014].

Так что до лета 2002 г. никаких внешних признаков нестабильности ледника Колка и подготовки его к пульсации еще не было. Другие данные на этот счет (геофизические, геохимические или иные) также неизвестны – соответствующие мониторинговые исследования не проводились. Не исключено, однако, что уже в начале лета 2002 г. существовали какие-то аномальные особенности геофизических и геохимических полей (например, изменения гидрогеодеформационного поля или эмиссии радона), отражавшие протекание глубинных процессов подготовки Кол-

кинской катастрофы с учетом ее газодинамического характера и глубинного поствулканического генезиса огромного количества высоконапорных газов, воздействие которых на ледник вызвало эту катастрофу, но, безусловно, не ограничивалось лишь площадью ледника Колка.

12. «Обрушенные массы льда и горных пород в тыловой зоне ледника к началу сентября 2002 г. заполнили ее слоем высотой более 10 м. Следов перемещения этого материала за гребень правой (? – М. Б. и В. З.) береговой морены не наблюдалось. В самом начале этой морены она была экранирована упавшим льдом и обломками камней» [Десинов, 2014].

С учетом, в частности, приведенной Л.В. Десиновым иллюстрации к этому пункту, речь в данном случае идет, по-видимому, не о правой, а о левой береговой морене.

Приведенные факты свидетельствуют о том, что наблюдавшиеся после катастрофы крупные следы перемещения ледово-каменного материала за гребень этой морены имеют не обвальное или лавинное (как нередко полагают), а взрывное происхождение, являются, наряду с многими другими признаками, следами центростремительного разлета ледово-каменного материала в эпицентре катастрофы и, соответственно, указывают на взрывной или взрывоподобный газодинамический характер Колкинской катастрофы. Об этом же свидетельствуют и все другие оставленные ею следы [Бергер, 2012б, г].

13. «В тыловой области ледника вдоль склона и рядом с правой береговой мореной к началу сентября 2002 г. возникли крупные трещины» [Десинов, 2014].

В генетическом и предвестниковом отношениях возникновение этих трещин может быть конвергентным и, соответственно, неоднозначно.

Несомненно, однако, что существование таких трещин благоприятствовало процессам дальнейшего разрушения и последующего выброса ледника, уменьшало затраты энергии на преодоление сил сцепления (смерзания) ледника с боковыми породами.

14. «27 и 28 августа 2002 г. с ледника Колка прекратился сток. К вечеру 28 августа ледник продуцировал селевой поток, который продвинулся по долине реки Геналдон на расстояние более 2 км. (Наблюдалось туристами – О. Неподоба). Такое же событие произошло в 1969 г. перед началом пульсации» [Десинов, 2014].

В 1969 г. такое событие произошло не перед началом пульсации, а в ходе ее проявления, в ходе уже начавшегося «бурного наступания» ледника Колка [Рототаев и др., 1983, с. 31]. Как документально засвидетельствовали материалы космофотосъемки [Тутубалина и др., 2005], в 2002 г. ни 27-28 августа, ни позднее, вплоть до самого момента выброса ледника 20 сентября, ничего подобного на леднике Колка не было. Имеющиеся материалы сейсмических наблюдений [Заалишвили, Мельков, 2008, 2012; Заалишвили, Харебов, 2008; Процесс схода..., 2009; Ледник Колка..., 2014] также не подтверждают представления Л.В. Десинова [Десинов, 2004, 2014] о поступательном продвижении фронтальной части языка ледника Колка до 16 часов 08 минут по среднегринвичскому времени, т. е. до начала пароксизмального катастрофического выброса ледника.

15. «13 августа 2002 г. фотосъемка с борта МКС зафиксировала признаки пульсационных изменений на языке ледника Колка в виде серии волн активизации» [Десинов, 2014].

Однако другие исследователи, в том числе изучившие те же материалы космодетекции, отрицают наличие волн активизации на леднике Колка в это время и дают этим признакам иное объяснение [Добрынин и др., 2003].

Но и наличие описанных Л.В. Десиновым [2004, 2014] признаков активизации ледника (в частности, выпуклый характер верхней части ледника) еще ничего не говорит о причинах его активизации, не исключает ее газодинамической (а не масс-балансовой) природы и не предопределяет характер дальнейшего протекания пульсации ледника.

16. «На следующий год после катастрофического выброса ледника геофизическими методами под его ложем был обнаружен очаг магмы с температурой около 1000 °С. Наличие очага подтверждено и космическим зондированием в ИК-диапазоне спектра» [Десинов, 2014].

Сказанное (в приведенном Л.В. Десиновым его изложении) неточно и недостоверно.

Эти сведения согласуются с представлениями об эндогенной природе Колкинской катастрофы, но не указывают ни на конкретный ее характер (механизм протекания), ни на ее непосредственную причину (вызвавший ее природный фактор, действие которого обусловило и, соответственно, объясняет особенности ее протекания и результаты).

17. «Существенное увеличение воды в леднике и на его ложе под воздействием флюидных газов, внешней нагрузки и тепловых потоков» [Десинов, 2014].

В литературе, прежде всего, Л.В. Десиновым [Десинов, 2004 и др.], указываются и другие причины, которые, как предполагается, могли существенно увеличить обводненность ледника Колка и его ложа.

Все это, однако, не могло вызвать Колкинскую катастрофу, учитывая ее особенности, и не позволяет объяснить эти особенности.

В связи с этим приведение данного пункта в списке Л.В. Десинова ничего не дает для раскрытия характера, механизма протекания и причин Колкинской катастрофы и лишь подтверждает отмеченное в пп. 2 и 6 настойчивое стремление Л.В. Десинова, как и других отечественных гляциологов, приписать воде основную, решающую роль в этой катастрофе, что не имеет под собой никаких оснований и опровергается многими фактами, в том числе приведенными ниже в списке Л.В. Десинова (пп. 21, 23, 30-34, 36-39).

18. В этом пункте своего списка Л.В. Десинов, в дополнение к сказанному им в п. 9, приводит сведения о сейсмических событиях, произошедших 19 и 20 сентября 2002 г.

19. В этом пункте отмечается «сейсмическое событие, произошедшее на леднике 20 сентября 22.21.26 (GMT). На склоне с противоположной стороны от левого борта ледника Колка оно ощущалось людьми как содрогание гор, сопровождавшееся сильным гулом» [Десинов, 2014].

В более ранней работе [Десинов, 2004, с. 84] местонахождение людей, испытывавших эти ощущения, описано несколько иначе – «примерно в двух километрах от ледника Колка и севернее от него, за гребнем левого борта ледника, примерно на одном уровне с его поверхностью».

Кроме того, с учетом указанного [Десинов, 2014] времени, это событие не могло произойти 20 сентября: 20 сентября в указанное время ледника Колка уже не было. Оно произошло в это время не 20, а 19 сентября, т. е. в 02.21.26 20 сентября

по местному (и московскому) времени, как было отмечено ранее [Десинов, 2004, с. 84 и с. 86, рис. 9].

Характер этого события, его результаты и их место в цепи событий на стадии подготовки Колкинской катастрофы рассмотрены в работе [Бергер, 2006в].

20. «По данным космической съемки, сделанной за 8 часов до катастрофы, отмечено, что вдоль тыловой зоны ледника возникла огромная трещина – разлом. Ледник получил крен вправо и возвысился на несколько десятков метров над гребнем левой береговой морены» [Десинов, 2014].

Л.В. Десинов, к сожалению, не обсуждает эти данные. Особенно интересным и важным представляется определение причины быстрого и значительного вспучивания поверхности северной части тыльной зоны ледника, установленного О.В. Тутубалиной с соавторами [Тутубалина и др., 2005, с. 70].

По предположению этих авторов [там же], такое вспучивание могло быть вызвано резким падением скоростей движения льда и ростом напряжений сжатия при приближении к левой береговой морене и малоподвижному льду в ходе, вероятно, начавшегося ускоренного движения льда по ложу ледника или по внутриледниковым плоскостям скольжения. Не исключено, однако, что такое вспучивание в той или иной мере могло быть вызвано предкатастрофическим динамическим воздействием на ледник высоконапорных глубинных поствулканических газов, мощный концентрированный прорыв которых в это время в районе ледника Колка документально зафиксирован [Рототаева и др., 2005, с. 140; и др.] (но не значится в списке Л.В. Десинова, хотя является установленным очень важным фактом).

21. «По данным космической съемки, сделанной за 8 часов до катастрофы, обнаружены 3 куполообразных возвышения в тыловой области ледника возле подножия склона, с которого обрушились горные породы и лед» [Десинов, 2014].

Наиболее правдоподобное объяснение данного факта также состоит в предкатастрофическом вспучивающем воздействии на ледник высоконапорных глубинных поствулканических газов.

22. «Катастрофическое высокоскоростное вытеснение ледника Колка из его ложа произошло 20 сентября 2002 г. около 20 часов 08 минут 30 секунд???» [Десинов, 2014].

Понятие «вытеснение ледника» не имеет научного определения. Не дает его и Л.В. Десинов. Это лишает смысла и делает невозможным оперирование данным понятием в науке, в частности, установление его времени. Подобная же ситуация существует и с широко используемым понятием «сход ледника», также не имеющим научного определения и, соответственно, не являющимся научным.

23. «После выброса ледника в его тыловой части обнажились источники фумарольных газов, которые с разной интенсивностью продуцировались на поверхность. Газовое облако время от времени окутывало все вместилище ледника от склона до склона. В слабой концентрации газ сохранялся еще год» [Десинов, 2014].

Сведения об источниках фумарольных газов естественно было бы ожидать в следующем пункте, но они приведены почему-то только в п. 38.

Эти факты очень важны для установления непосредственной причины Колкинской катастрофы, выявления вызвавшего ее действующего фактора («рабочего тела»).

24. «После выброса ледника на его ложе на протяжении нескольких сотен метров оставалась масса раздробленного льда толщиной до 10 м» [Десинов, 2014].

Этой картине полностью соответствует проведенная одним из авторов данной статьи еще на начальном этапе изучения Колкинской катастрофы идентификация ее геодинамического типа (в ее эпицентре) в качестве газодинамического выброса ледника.

25. «После выброса ледника на его ложе примерно в 300 м западнее устья реки Шау образовалась подковообразная плотина высотой от 20 до 60 м, состоящая из глыб льда и обломков горных пород. Наличие коренных пород в основании плотины не установлено... Плотина состоит из двух ступеней...» [Десинов, 2014].

Данный факт, совместно с приведенным ниже фактом 29, фиксирует типичные фрагменты кольцевого навала, образующегося по периферии воронки выброса [Бергер, 2012г].

26. «На откосе правой береговой морены против устья реки Шау сформировался характерный микрорельеф поверхности с ровной укладкой каменных глыб и небольших обломков. На крупных выступающих камнях остались глубокие эрозионные борозды» [Десинов, 2014].

Время и продолжительность формирования этого микрорельефа неизвестны. Во всяком случае для селевых (гляциально-селевых) отложений такие образования не характерны.

27. «К правой береговой морене, отделяющей ущелье ледника Колка и ледник Майли, перемещен массив слоистого льда» [Десинов, 2014].

Объяснить такое перемещение можно только огромным по мощности газодинамическим выбросом (отбросом) этого массива в ходе грандиозного по масштабам взрывоподобного газодинамического выброса ледника Колка.

28. «В нижней части морены, отделяющей ущелье ледника Колка и ледник Майли, возникли борозды глубиной до 1 м, направленные в сторону ледника Майли» [Десинов, 2014].

Возникновение этих борозд можно объяснить только очень мощным абразионным воздействием каменных и ледовых обломков в ходе газодинамического выброса ледника Колка.

29. «В тылу ледника остались две ступени, сложенные обломками горных пород и льда» [Десинов, 2014].

Это очень важный факт, однозначно свидетельствующий о центробежном разлете ледово-каменного материала при взрывоподобном газодинамическом выбросе ледника Колка, ни с каких иных позиций не объяснимый [Бергер, 2012г] и, соответственно, опровергающий гляциодинамические, селевые и все другие представления о Колкинской катастрофе, ее характере и причинах (см. также п. 25).

30. «На склонах левого борта ущелья ледника Колка ниже устья реки Шау остался след максимально высокого прохождения ледово-водно-каменной массы. Превышение этого следа над тальвегом ущелья – до 170 м» [Десинов, 2014].

В литературе известны и значительно более высокие оценки превышений следов движения продуктов разрушения ледника Колка над тальвегом ущелья.

Л.В. Десинов, к сожалению, не указывает, как эта масса там «проходила» и, вообще, как она там оказалась, как она на такую высоту залетела (и как было установлено присутствие в этой массе воды).

На самом же деле, это – след инерциального движения (разлета, метания, отброса, выброса) ледово-каменных продуктов взрывоподобного разрушения ледника Колка в результате испытанного им исключительно мощного газодинамического воздействия с нижнего (подледникового) полупространства.

Сказанное относится и к приведенным ниже фактам 31 и 32 и ко всем другим так называемым «примазкам» и «заплескам», остатки и следы которых длительное время сохранялись в эпицентре катастрофы и в зоне транзита на склонах Колкинского и Геналдонского ущелий, в том числе на весьма значительной высоте.

31. «На правом склоне Геналдонской долины ниже ледника Майли остался «примазок» льда протяженностью около 1000 м» [Десинов, 2014].

32. «„Примазок“ льда длиной около 600 м остался после катастрофы на склоне над левой береговой мореной. Он превышает гребень морены на 60-100 м» [Десинов, 2014].

33. «Произошло механическое нарушение ската левой береговой морены» [Десинов, 2014].

Такое практически мгновенное механическое нарушение моренного ската могло произойти только в результате исключительно сильного взрывного или подобного ему ударного воздействия каменного материала и льда.

34. «Огромные порции льда в трех местах вытеснены во время схода ледника в краевую ложбину за левую береговую морену» [Десинов, 2014].

Поскольку Л. В. Десинов говорит не о забросе, а о некоем вытеснении льда, то, в принципе, оно могло произойти различным образом, с помощью различных механизмов, под воздействием различных причин. Данный факт нисколько не противоречит представлениям о газодинамической природе Колкинской катастрофы («схода» ледника Колка).

35. «В каньоне остались валы донной морены» [Десинов, 2014].

Данный признак может быть гетерогенетичным, конвергентно совпадающим при различном характере «схода» ледника Колка и различных его причинах.

36. «Изотопный состав снега, льда и воды в 2003 году» [Десинов, 2014].

В данном случае речь идет, конечно, не об изотопном, а о химическом составе.

«Величина отношения S/Cl – это показатель связи с глубинным флюидом. До катастрофы 2002 г. этот показатель нигде в долине р. Геналдон и на леднике Колка не превышал 0,7 мг/л» [Десинов, 2014].

Но этот показатель не измеряется в мг/л.

37. «Изотопный состав снега и льда в 2007 году» [Десинов, 2014].

И в данном случае речь идет, конечно, не об изотопном, а о химическом составе.

При текстовом изложении результатов анализов концентрация молибдена и рения во второй пробе завышена на порядок.

Не выдерживают критики и рассуждения Л. В. Десинова об «активном вулканизме на леднике Колка».

38. «Во время аэровизуального обследования ледника 24 сентября 2002 г. после выброса ледника Колка на обнаженном южном склоне в 10-15 м ниже бывшей поверхности тыловой области обнаружена фумарола, из которой извергался газ. Другие наблюдатели обнаружили вторую фумаролу, которая располагалась, по разным оценкам, в 400-600 м выше на склоне» [Десинов, 2014].

Это – очень важная информация, характеризующая источники огромного количества газов в данном районе в сентябре 2002 г., с которой полностью согласуются результаты недавнего специального рассмотрения этого круга вопросов [Бергер, 2012а].

39. «По субъективной оценке многих участников полевых исследований и вертолетных облетов ледника Колка, в первую неделю после катастрофы в газовом

составе преобладали сернистый газ, углекислый газ и сероводород» [Десинов, 2014].

Эту информацию авторы оставляют без комментариев.

40. «После завершения катастрофы на поверхности отложенного на ложе и сплотившегося льда постепенно образовались холмы конической формы высотой до 1,5 м с центральным отверстием, в которое можно было свободно вставить ледоруб и шест длиной 2,5 м» [Десинов, 2014].

Речь, очевидно, идет о так называемых «муравьиных кучах». Этот интересный и важный вопрос заслуживает отдельного рассмотрения.

В дополнение к рассмотренным сорока пунктам своего списка Л. В. Десинов в этой же работе высказывает некоторые другие положения по Колкинской проблеме. Остановимся на них, используя принятую Л. В. Десиновым рубрику.

«Эффект шампанского». Данный вопрос подробно рассмотрен в работе [Бергер, 2010], в которой показана неустраняемая внутренняя противоречивость и, соответственно, ложность объяснений механизма и причин катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье на основе «эффекта шампанского».

«Главный вывод: Катастрофа на леднике Колка произошла не от удара сверху, а от взрывного воздействия снизу!» [Десинов, 2014].

Соответствующие представления и их подробное обоснование уже давно приведены в работах одного из авторов данной статьи [Бергер, 2003, 2004а, б, 2006а, б, 2007 и др.].

Продолжая свой «главный вывод», Л. В. Десинов пишет: «Причиной обвала ледника стало наложение нескольких природных факторов: гидрологических, гляциологических, тектонических, сейсмических и вулканогенных» [Десинов, 2014].

В этом высказывании неправильно определены сущность (характер, геодинамический тип) и механизм протекания Колкинской катастрофы (как обвал ледника, тогда как это был взрывоподобный направленный газодинамический выброс ледника) и не указан вызвавший ее основной действующий фактор (ее основная причина) – динамическое воздействие на ледник огромного количества высоконапорных глубинных поствулканических газов, скопившихся под ледником.

Нельзя не обратить внимание на то, что в своих заключениях (иногда весьма категорических, но не всегда достаточно определенных и аргументированных) Л. В. Десинов избегает ссылок на опубликованные фактические материалы, основанные на инструментальных данных сейсмических наблюдений [Заалишвили, Мельков, 2008, 2012; Заалишвили, Харебов, 2008; Заалишвили и др., 2005, 2007; и др.]. Между тем, это касается очень важных вопросов Колкинской проблемы – времени и характера начального движения ледника Колка, скорости движения ледово-каменного материала и др. Высказывания же Л. В. Десинова по этим вопросам не имеют никакого эмпирического обоснования, совершенно голословны и несостоятельны.

Таким образом, судя по недавней публикации [Десинов, 2014], а также более ранней работе [Десинов, 2008], Л. В. Десинов в последнее время частично отходит от своих прежних необоснованных и ошибочных гляциодинамических характеристик катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 г. [Десинов, 2004 и др.] и начинает постепенно приближаться к некоторому пониманию (в самых общих чертах и со значительными искажениями) и признанию того, что сразу после катастрофы, начиная с 2003-2004 гг., писал о характере

и причинах Колкинской катастрофы один из авторов этой статьи [Бергер, 2003, 2004а, б и др.].

Приведенный Л. В. Десиновым список, кратко рассмотренный в данной работе, является, конечно, далеко не полным, во многом непоследовательным и противоречивым (прежде всего, в силу наличия в нем артефактов, в том числе лишенных основания предположительных умозаключений). Тем не менее, он содержит значительный массив информации, важной для понимания Колкинской катастрофы и доказательного определения объясняющих ее причин.

Литература

1. Бергер М. Г. О характере природной катастрофы 20 сентября 2002 г. на леднике Колка // Сборник научных трудов Северо-Осетинского отделения АН ВШ РФ. № 1 (I). Владикавказ: Терек, 2003. С. 16-17.
2. Бергер М. Г. Газодинамический выброс ледника Колка 20 сентября 2002 г. – новое катастрофическое природное явление // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Тезисы докладов Международной конференции, г. Владикавказ, 23-26 июня 2004 г. Владикавказ: РЕМАРКО, 2004а. С. 4-5.
3. Бергер М. Г. Природа процессов автоколебательного развития пульсирующего ледника Колка // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сентября 2004 г. Владикавказ: Терек, 2004б. С. 248-251.
4. Бергер М. Г. Природная катастрофа на леднике Колка 20 сентября 2002 года – внезапный газодинамический выброс ледника // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Доклады Международной конференции. Владикавказ – Москва, 23-26 июня 2004 г. Владикавказ: Олимп, 2006а. С. 41-49.
5. Бергер М. Г. Газодинамический выброс ледника Колка 20 сентября 2002 г. // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2006б. № 2. С. 33-37.
6. Бергер М. Г. О событии на леднике Колка в 2 часа 21 минуту 20 сентября 2002 г. // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2006 в. Т. 6. № 4. С. 37-39.
7. Бергер М. Г. Ледник Колка: Катастрофа 20 сентября 2002 года – внезапный газодинамический выброс ледника. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 248 с.
8. Бергер М. Г. О неустранимом противоречии в объяснении механизма и причин катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье на основе «эффекта шампанского» // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2010. Т. 10. № 4. С. 62-63.
9. Бергер М. Г. О некоторых расчетах количества поствулканических газов, необходимого для газодинамического выброса ледника Колка // Геология и геофизика Юга России. 2012а. № 1. С. 75-87.
10. Бергер М. Г. О воронке выброса ледника Колка // Геология и геофизика Юга России. 2012б. № 2. С. 55-64.
11. Бергер М. Г. О причинах интенсификации обвалов на ледник Колка перед его катастрофическим выбросом 20 сентября 2002 года и некоторых количественных оценках величины этих обвалов // Геология и геофизика Юга России. 2012 в. № 3. С. 65-90.
12. Бергер М. Г. О некоторых следах, оставшихся на месте ледника Колка, как показателях характера Колкинской катастрофы 2002 года // Геология и геофизика Юга России. 2012 г. № 4. С. 75-85.

13. Десинов Л.В. Пульсация ледника Колка в 2002 году // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2004. Т. 4. №3. С. 72-87.
14. Десинов Л.В. Фантазии и реалии в решении проблемы противодействия катастрофам в долине реки Геналдон // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа: Труды Международной научно-практической конференции. Владикавказ, 20-22 сентября 2007 г. – Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2008. С. 167-173.
15. Десинов Л.В. Главные особенности и механизм катастрофического выброса ледника Колка в 2002 году // Доклад на Всероссийской конференции «Геодинамика, вулканизм, сейсмичность и экзогенные геологические процессы природного и техногенного характера на Кавказе». Владикавказ, 1-3 октября 2014 г. Владикавказ, 2014.
16. Добрынин Д.В., Никитин М.Ю., Галушкин И.В. Дешифрирование структур и сравнительный анализ материалов по району ледника Колка. Отчет. М.-Владикавказ. 2003. 31 с.
17. Дробышев В.Н. Гляциальная катастрофа Северной Осетии 20 сентября 2002 года // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2012. Т. 12. №3. С. 20-36.
18. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Макиев В.Д., Мельков Д.А. Интерпретация инструментальных данных процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2005. Т. 5. №3. С. 43-54.
19. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Макиев В.Д., Мельков Д.А. Особенности процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года по инструментальным данным // Геофизика XXI столетия: 2006 год. Сборник трудов Восьмых геофизических чтений им. В.В. Федынского (2-4 марта 2006 г., Москва). Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2007. С. 191-199.
20. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Особенности движения ледово-каменной массы 20 сентября 2002 г. по сейсмологическим и геоморфологическим данным // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа: Труды Международной научно-практической конференции. Владикавказ, 20-22 сентября 2007 г. Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2008. С. 185-195.
21. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Особенности процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 г. и его макросейсмическое проявление по инструментальным данным современных регистрационных систем // Геология и геофизика Юга России. 2012. №3. С. 29-44.
22. Заалишвили В.Б., Харебов К.С. Исследование процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года по динамическим характеристикам инструментальных записей // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа: Труды Международной научно-практической конференции. Владикавказ, 20-22 сентября 2007 г. Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2008. С. 202-221.
23. Ледник Колка: вчера, сегодня, завтра / [отв. ред. акад. Ю.Г. Леонов, В.Б. Заалишвили]; Центр геофиз. исследований Владикавказ. науч. центра РАН и РСО-А. – Владикавказ, 2014. 429 с.

24. Процесс схода ледника Колка 20 сентября 2002 г. / Отв. ред. В.Б. Заалишвили. Владикавказ: ВНИЦ РАН и РСО-А, 2009. 165 с.
25. Рототаев К.П., Ходаков В.Г., Кренке А.Н. Исследование пульсирующего ледника Колка. М.: Наука, 1983. 169 с.
26. Рототаева О.В., Котляков В.М., Носенко Г.А., Хмелевской И.Ф., Чернов Р.А. Исторические данные о подвижках ледников на Северном Кавказе и Кармадонская катастрофа 2002 г. // Материалы гляциологических исследований. 2005. Вып. 98. С. 136-145.
27. Тутубалина О.В., Черноморец С.С., Петраков Д.А. Ледник Колка перед катастрофой 2002 года: новые данные // Криосфера Земли. 2005. Т. IX. №4. С. 62-71.
28. Файф У., Прайс Н., Томпсон А. Флюиды в земной коре. М.: Мир, 1981. 436 с.
29. Черноморец С.С. Селевые очаги до и после катастроф. М.: Научный мир, 2005. 184 с.

**ON THE EVOLUTION AND THE CONTEMPORARY STATE
OF THE IDEAS OF SOME GLACIOLOGISTS ABOUT THE
CATASTROPHE ON THE GLACIER KOLKA AND IN THE
GENALDON GORGE ON SEPTEMBER 20, 2002.
L. V. DESINOV LIST: FACTS AND THE ARTIFACTS**

© 2014 M.G. Berger^{1,2}, geol.-min. sci. doct., prof.; V.B. Zaalishvili²,
phys.-math. sci. doct., prof.

¹North-Caucasian innovation center «Steady development of mountain territories»;

²Center of Geophysical Investigation VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov st.,
Vladikavkaz, 362002, Russia. e-mail: berger7@rambler.ru; cgi_ras@mail.ru.

The list of L.V. Desinov is examined., which contains, on its assertion, the enumeration of the facts, which characterize catastrophe on the glacier Kolka and in the genaldon gorge on September 20, 2002. Brief commentaries to these facts are given. Essential (but only partial) transformation and contemporary state of L.V. Desinov ideas about the nature and the reasons for kolkinskoy catastrophe are shown, is given estimation of their validity.

Keywords: Glacier Kolka, catastrophe 2002, facts, the artifacts.

СООБЩЕНИЯ

УДК 550.34

СХОД КАМЕННО-ЛЕДОВОЙ ЛАВИНЫ В РАЙОНЕ ЛЕДНИКА ДЕВДОРАК 17 МАЯ 2014 ГОДА ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

**В.Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф., Д.А. Мельков, к.т.н., Б.В. Дзеранов,
к.г.-м.н., А.С. Кануков, А.Ф. Габараев, В.Д. Шепелев**

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

17 мая 2014 г. сетью сейсмологических наблюдений ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А зарегистрирован процесс обвала массы горных пород и льда в районе ледника Девдорак и движение образовавшегося лавинообразного потока вниз по ущелью с последующим перекрытием русла р. Терек. Выполнен предварительный анализ полученных данных.

Ключевые слова: мониторинг, сейсмологические наблюдения, ледники

Территория Северной Осетии подвержена воздействию опасных природно техногенных процессов, наиболее разрушительным из которых по масштабу возможных последствий является сейсмическая опасность. Наибольшую опасность в силу своей близости к территории г. Владикавказа представляет Владикавказский разлом, максимальный сейсмический потенциал которого оценивается $M=7.1$ [Аракелян и др., 2008; Заалишвили и др., 2011]. В связи с этим, а также учитывая активизацию других опасных природных процессов на Кавказе, в том числе, неожиданной схода ледника Колка 20 сентября 2002 года, в конце 2003 года существующая Республиканская сейсмическая сеть наблюдений Центра была преобразована в сеть комплексных наблюдений «Кармадонский параметрический полигон». Была поставлена задача организации современной системы сейсмологических, геодинамических и гравиметрических наблюдений [Заалишвили, Певнев, Рогожин, 2011; Заалишвили и др., 2012, 2013].

Целью функционирования сети является разработка концепции безопасности населения горных регионов и создание эталонных сценариев опасных геологических процессов (оползни, движения ледников, землетрясения и т.д.). Именно для этих целей нами в сентябре 2003 г. была организована базовая станция в п. Кармадон. В 2012 году непосредственно в районе ледника Колка была организована соответствующая станция (код станции KLK) [Заалишвили, Мельков, 2013]. Станция работает в непрерывном режиме и полностью зафиксировала процесс движения лавинообразного потока 17 мая 2014 г., основные этапы движения которого во многом схожи с Кармадонской катастрофой 2002 г.

17 мая 2014 года произошел обвал массы льда и горных пород в районе Девдоракского ледника (рис. 1-3). Зона отрыва находится на восточном склоне Казбека, в области питания правой ветви ледника Девдорак, на высоте 4400-4500 м. Обвал прошел правее (южнее) основного Девдоракского ледопада, и упал на язык ледни-



Рис. 1. Место обвала горного массива. Фото Г. Гоциридзе, 17 мая 2014 г



Рис. 2. Трасса движения лавинообразного потока. Фото Г. Гоциридзе



Рис. 3. Подпрудное озеро, работы по созданию нового русла. Фото Г. Гоциридзе



Рис. 4. Расположение Сейсмических станций Кармадонского параметрического полигона и зона транзита лавинообразного потока.

ка. Далее имела место трансформация обвала в «лавинообразный поток» или «каменно-ледовую лавину» [Черноморец, 2014]. Погибли люди.

Все это весьма похоже на движение потока при сходе ледника Колка 20 сентября 2002 года. Масштабы процесса были в случае Девдорака меньше.

Образовавшийся завал перегородил русло реки Терек, что привело к образованию подпрудного озера. Опасность прорыва, угрожающая г. Владикавказу сохранялась вплоть до момента когда Терек заполнил деривационный тоннель и уровень воды начал снижаться.

Весь процесс движения лавинообразного потока зарегистрирован сейсмическими станциями Кармадонского параметрического полигона, расположенными в непосредственной близости от зоны транзита (рис. 4-5).

Были построены диаграммы энерговыделения [Заалишвили и др., 2004, 2005; Заалишвили, Мельков, 2012] и выполнен спектрально-временной анализ записей для ближайших станций Колка и Кармадон, оснащенных идентичными современными отечественными сейсмоприемниками СПВ-3К и станции Владикавказ (сейсмоприемник СК-1П) – рис. 4-7.

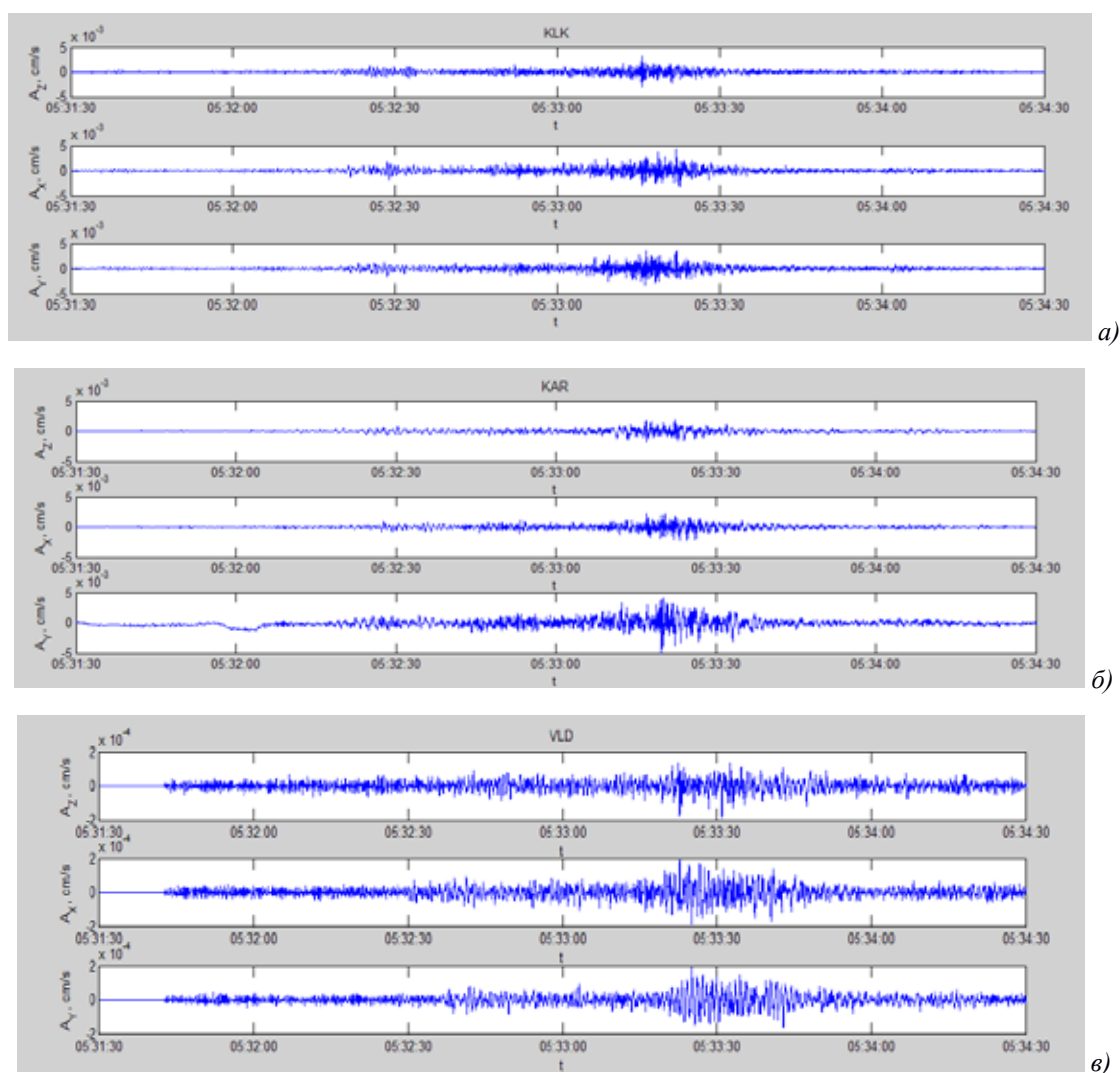


Рис. 5. Сейсмические записи процесса движения лавинообразного потока 17 мая 2014 г.: а) Колка (код станции KLK); б) Кармадон (код станции KAR); в) Владикавказ (код станции VLD).

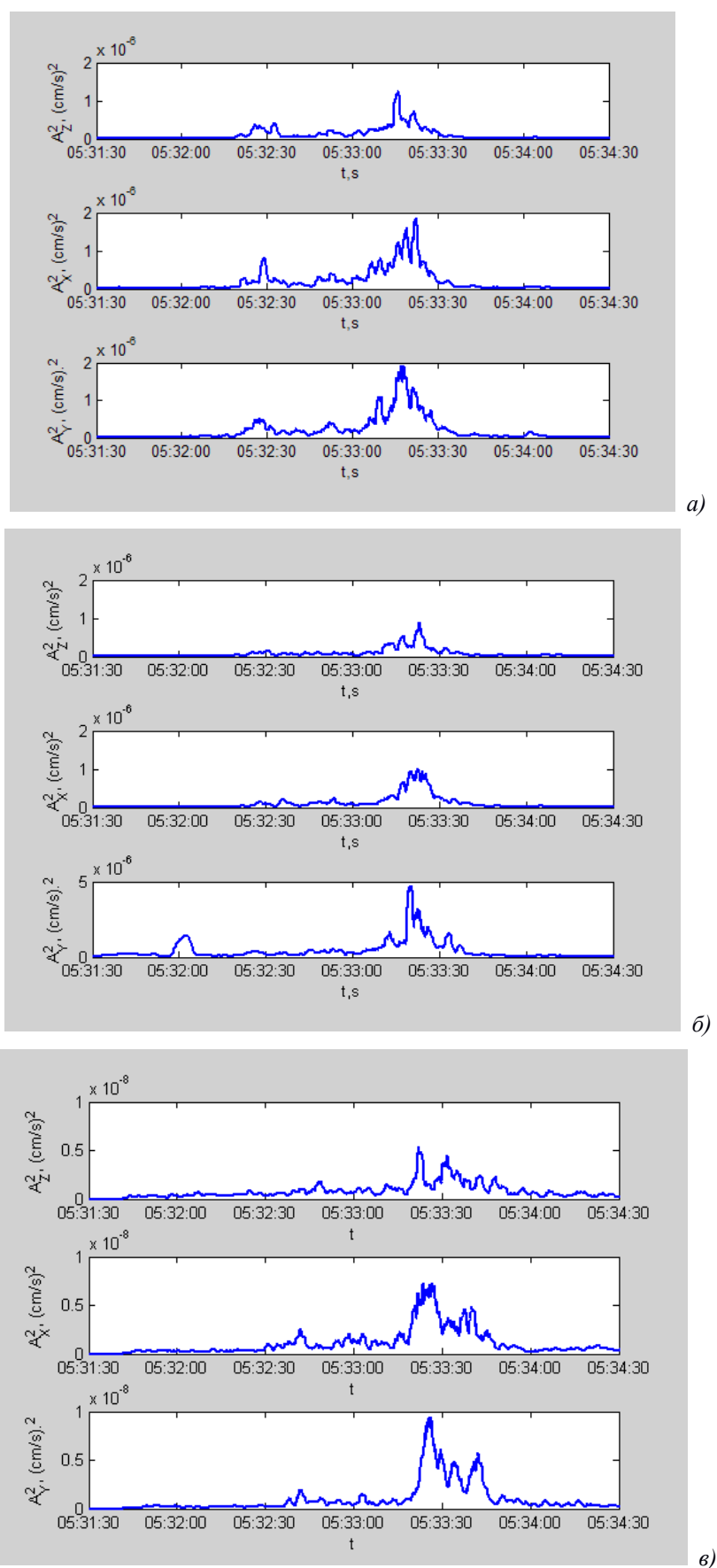


Рис. 6. Графики энерговыделения: а) Колка (код станции KLK); б) Кармадон (код станции KAR); в) Владикавказ (код станции VLD)

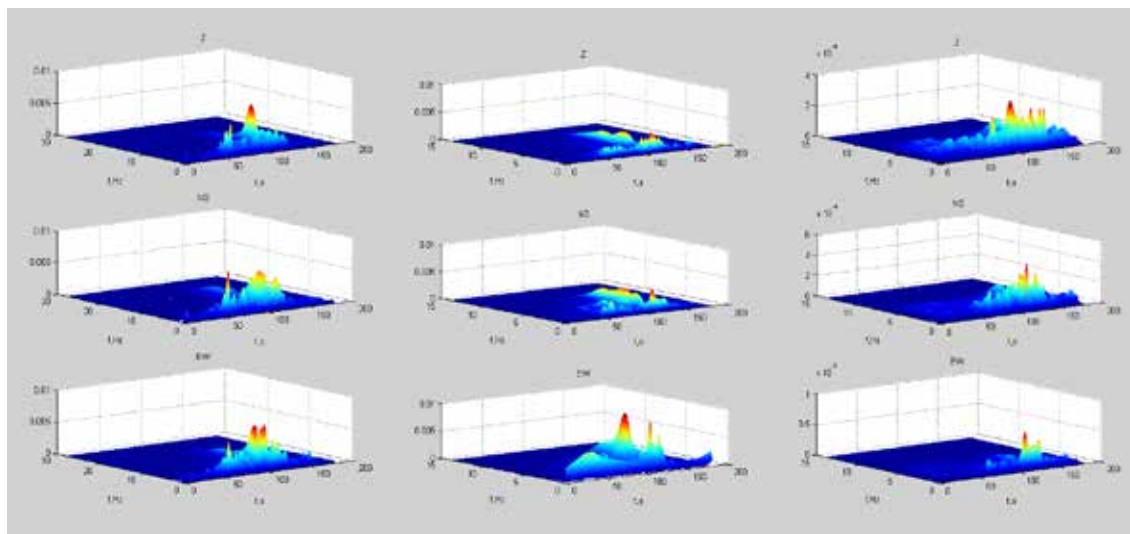


Рис. 7. Спектрально-временной анализ записей: а) Колка (код станции KLK); б) Кармадон (код станции KAR); в) Владикавказ (код станции VLD)

На первом участке образования обвала движение происходит в северном направлении в сторону сейсмостанции «Кармадон» (код станции KAR) и фактически перпендикулярно направлению на станцию «Колка» (код станции KLK). Далее поток воздействовал на левый борт в районе языка Девдоракского ледника – на левом борту (хребет Барт-Корт) отмечается значительный захлест [Черноморец, 2014]. Далее происходит поворот потока, в котором преобладает восточное направление, при этом в процессе движения поток несколько раз незначительно меняет свое направление. С.С. Черноморец приводит следующие данные: «Со слов свидетелей – грузинских пограничников, стоявших на посту ниже слияния рек Амилишка и Чач, событие произошло примерно в 9.30 утра по местному времени (время совпадает с московским). Сильного грохота не было. Поток шел быстро. Пограничник не успел добежать до обрыва над р. Кабахи (100 м), за это время масса прошла несколько сотен метров. Требуется дополнительное обследование зоны транзита, учитывая протяженность потока на данном этапе его можно рассматривать как протяженный сейсмический источник. Далее поток достиг русла реки Терек. По данным С.С. Черноморца заплеск на правом борту Терека визуально можно оценить в 20-25 м над нынешним руслом (а насколько оно выше прежнего, сказать сложно). Данный момент характеризуется максимальным уровнем воздействия, что отмечается на у-компоненте (направление «запад-восток») станции «Кармадон», на всех сейсмограммах отмечаются высокочастотный импульс (рис. 5).

Литература

1. Аракелян А.Р., Заалишвили В.Б., Макиев В.Д., Мельков Д.А. К вопросу сейсмического районирования территории республики Северная Осетия-Алания // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Владикавказ: ладикавказский научный центр РАН и РСО-А. 2008. С. 263-278.
2. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Харебов А.К. Анализ инструментальных записей схода ледника Колка по данным локальной сети сейсмических наблюдений // Вестник Владикавказского научного центра. 2004, Т. 4, № 3. С. 58-64.

3. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Макиев В.Д., Мельков Д.А. Интерпретация инструментальных данных процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года // Вестник Владикавказского научного центра. 2005. Т. 5. №3. С. 43-54.
4. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф. Оценка сейсмической опасности территории и построение вероятностных карт // Геология и геофизика Юга России. №1. 2011. С. 17-27.
5. Заалишвили В.Б., Певнев А.К., Рогожин Е.А. О геодезическом мониторинге для прогноза землетрясений на Северном Кавказе (на примере Владикавказского прогнозного полигона) // Геология и геофизика Юга России. 2011. №2. С. 33-40.
6. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Особенности процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 г. и его макросейсмическое проявление по инструментальным данным современных регистрационных систем // Геология и геофизика Юга России. 2012. №3. С. 29-44.
7. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Шемпелев А.Г. Мониторинг опасных геологических процессов в зоне предполагаемого ардонского разлома и на участке трассы газопровода от сел. Дзуарикау до границы РСО-Алания // Геология и геофизика Юга России. 2012. №4. С. 25-32.
8. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Мониторинг опасных природных и техногенных процессов на территории РСО-Алания // Геология и геофизика Юга России. №1. 2013. С. 17-27.
9. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А. Организация сейсмологических наблюдений в верховьях реки Геналдон и Кармадонском ущелье с использованием спутниковой телеметрической системы передачи информации // Геология и геофизика Юга России. 2013. №4. С. 44-50.
10. Черноморец С.С. Новый «Казбекский завал» 17 мая 2014 года (Отчет о полевом обследовании 18-20 мая 2014 г.). МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. 20 с. URL:http://www.geogr.msu.ru/upload/news/Chernomorets_Devdorak_2014.pdf

ROCK-ICE AVALANCHE MOVEMENT IN THE REGION OF DEVDORAK GLACIER ON 17 MAY 2014 ON INSTRUMENTAL DATA

**Zaalishvili V.B., Sc. Doctor (Phys.-math.), Melkov D.A., Sc. Candidate (Tech.)
Dzeranov B.V., Sc. Candidate (Geol.) Kanukov A.S., Gabaraev A.F., Shepelev V.D.**

Center of Geophysical Investigations VSC RAS, Russia, Vladikavkaz, e-mail: cgi_ras@mail.ru

May 17, 2014 the network of seismological observations CCI VSC RAS and RSO-A registered process of fall of mass of rock in the glacier Devdorak region and the resulting avalanche flow down the canyon, and had dam the Terek river. Preliminary analysis of obtained data is performed.

Keywords: monitoring, seismological observations, glaciers

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

ЮРИЮ ГЕОРГИЕВИЧУ ЛЕОНОВУ – 80!



Юрий Георгиевич Леонов родился 15 ноября 1934 г. в Москве. Окончил Геологический факультет МГУ в 1957 году. Старший геолог, старший инженер ВНИИ природного газа (1957-1962). Младший и старший научный сотрудник лаборатории тектонофизики М.В. Гзовского Института физики Земли АН СССР (1964-1970). Старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник (1970-1989), зав. лабораторией тектоники платформ (1989-1994), зав. отделом тектоники (с 1997), директор (с 1994-2005) Геологического института РАН. Был ряд лет академиком-секретарем Отделения наук Земле. Советник РАН.

Юрий Георгиевич – специалист в области геологии, региональной и

теоретической тектоники и тектонической картографии.

Является член-корреспондентом РАН с 1991 г., академиком РАН с 1997 г. – Отделения наук о Земле.

Область научных интересов: геология, региональная и теоретическая тектоника, составление тектонических карт материков и мира; стратиграфия и тектоника нижнесреднеюрских отложений Центрального Кавказа с акцентом на вопросах стратиграфии и истории развития; тектоника памирско-афганской области с исследованием некоторых более общих проблем тектоники альпийского пояса.

Ю.Г. Леонов выполнил фундаментальные исследования в области геологии, региональной и теоретической тектоники, составления тектонических карт материков и мира.

В области глобальной корреляции тектонических процессов он разработал концепцию взаимодействия глобальных и региональных тектонических процессов, подтвердил наличие глобальных эпох и фаз тектонической активности.

Ю.Г. Леонов изучил особенности процессов горообразования, или орогенеза, и выяснил их роль в фанерозойской тектонической истории континентов.

Он создал тектонические карты, результатом чего явились крупные коллективные обобщения – международные тектонические карты Мира (1984) и Европы, исследовал проблемы внутриплитной тектоники и геодинамики.

Ю.Г. Леонов в разное время был руководителем геологических работ в Сирии, руководил рядом проектов РФФИ, связанных с решением проблем внутриплитной тектоники, а также проектом, связанным с изучением причин колебаний уровня Каспийского моря государственной программы «Глобальные изменения природной среды и климата».

Ю.Г. Леонов – автор свыше 130 научных работ, в том числе 5 монографий. Он член редколлегии журнала «Геотектоника», председатель Межведомственного тектонического комитета РАН, секции литературы по наукам о Земле Научно-издательского совета РАН, член Президиума РАН, член Комиссии по международным тектоническим картам, член бюро Научного совета РАН по проблемам экологии и чрезвычайных ситуаций.

Награжден орденом Почета и Золотой медалью РАН им. А.П. Карпинского.

Юрий Георгиевич Леонов относится к выдающимся ученым России. При этом профессиональная принципиальность и честность органично сочетается в нем с особой человеческой теплотой. Необходимо отметить также его интеллигентность, которая не мешает, при необходимости, жесткости руководителя.

Встречи с Ю.Г. Леоновым по различным делам в Отделении наук о Земле в бытность его академиком-секретарем Отделения, и общая работа над монографией «Ледник Колка: вчера, сегодня, завтра» в качестве ответственных редакторов многое дали автору, как ученому и человеку. Это, в первую очередь, – высокая щепетильность и порядочность ученого и человека Юрия Георгиевича Леонова.

От имени редакционной коллегии и читателей журнала «Геология и геофизики Юга России» поздравляем дорогого Юрия Георгиевича Леонова со славным юбилеем – 80-летием и желаем долгих лет жизни, здоровья и творческого долголетия!

*Гл. редактор
д.ф.-м.н., проф. В.Б. Заалишвили*

АЛЕКСЕЮ ВСЕВОЛОДОВИЧУ НИКОЛАЕВУ – 80!

Алексей Всеволодович Николаев родился 29 октября 1934 в Москве. В 1952 г. окончил среднюю школу, после чего поступил на геологический факультет МГУ, кафедру геофизических методов разведки, который закончил в 1957 г. и был распределен в Институт физики Земли, целевым назначением для участия в Международном геофизическом годе, в сейсмологическую экспедицию в Таджикистан.

В 1964 году защитил кандидатскую диссертацию «Сейсмические свойства грунтов», а в 1972 – докторскую диссертацию по теме «Сейсмика неоднородных и мутных сред».

До 1963 г. Алексей Всеволодович занимался инженерной сейсмологией и сейсмическим микрорайонированием, затем – исследованиями

внутреннего строения Земли по сейсмическим данным.

С 1968 г. А. В. Николаев работал старшим научным сотрудником, а с 1969 г. – заведующим лабораторией экспериментальной сейсмологии Института физики Земли АН СССР. С 1968 г. занимается проблемами военно-прикладной сейсмологии, дифференциации землетрясений и подземных ядерных взрывов.

С 1968 по 2013 год А. В. Николаев занимал разные должности в Институте физики Земли АН СССР (позже РАН): он был зав. отделом физических основ разведочной геофизики, директором института экспериментальной геофизики Объединенного института физики Земли, зав. отделом экспериментальной геофизики. С 2013 г. Алексей Всеволодович является гл. научным сотрудником ИФЗ РАН.

В 1978 г. А. В. Николаев получил звание профессора геофизики. В 1990 г. – избран членом-корреспондентом АН СССР.

Его основные научные исследования лежат в области нетрадиционной геофизики, развития физических основ геофизических методов применительно к разным областям геофизических исследований (разведка полезных ископаемых, прогноз землетрясений, повышение нефтеотдачи, военно-прикладная геофизика, геофизический мониторинг геодинамических процессов). А. В. Николаевым развиты идеи нелинейной сеймики, активных методов исследований с использованием вибрационных сейсмических источников, а также естественных процессов, микросейсм, взаимодействия геофизических полей разной природы, главным образом сейсмических, геодеформационных и электрических.

В 1998 г. Алексей Всеволодович получил Премию Правительства Российской Федерации за разработку и внедрение новых методов геофизической метрологии.

А. В. Николаев воспитал 30 кандидатов наук, более 10 докторов наук. Юбиляр является автором более 400 научных работ, 30 авторских свидетельств и патентов.

А.В. Николаев занимал высокие ответственные посты в международных геофизических организациях: с 1978 по 1996 г. – вице-президент и президент Международной Ассоциации сейсмологии и физики недр Земли. Является членом зарубежных научных обществ: Сейсмологического общества США и Геофизического общества Индии, он – академик Грузинской национальной Академии наук.

Работал в ряде стран по ряду направлений сейсмологии и сейсморазведки, в том числе в США, Японии, КНР, Индии, Германии, Италии, участвовал в многочисленных отечественных и международных конференциях, сделал более 100 научных докладов и сообщений.

Участвовал в ликвидации катастрофы на Чернобыльской АЭС и награжден в связи с этим Орденом Трудового Красного Знамени СССР. Награжден рядом медалей СССР и ведомственных медалей РАН.

В настоящее время А.В. Николаев работает в Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, состоит в ученых и научно-технических советах в ИФЗ РАН, Институте геоэкологии РАН, Институте проблем нефтяной геофизики РАН, Министерстве по чрезвычайным ситуациям.

Алексея Всеволодовича Николаева наряду с высокой научной принципиальностью и профессионализмом неизменно отличает человеческая теплота, уважение и доброжелательность к коллегам и воистину отеческая забота об учениках. Не было вопроса, которые мы его ученики могли поставить перед ним и не получить ответа и поддержки. Его активность, нестандартное мышление, обостренное чувство нового сформировали у нас научную свободу. При этом он может и бывает жестким. Что очень полезно для становления жизненных позиций. Никакие идеи в беседе не изгонялись из рассмотрения и вполне серьезно обсуждались. При этом ненавязчиво проводился анализ кажущегося нам нового, и могло быть отмечено. Запомнилось на всю жизнь, как в ответ на мою благодарность после защиты докторской на физическом факультете МГУ в 1996 году, Алексей Всеволодович сказал, что его главной просьбой будет поддержка молодежи и начинающих ученых в их научном становлении. Это напутствие, в меру моих сил, я выполняю, по сей день.

Редакционная коллегия и читатели журнала «Геология и геофизика Юга России» поздравляет дорогого Алексея Всеволодовича Николаева с 80-тилетием и желает здоровья и новых успехов в научной деятельности!

*Гл. редактор
д.ф.-м.н., проф. В.Б. Заалишвили*

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

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

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

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

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

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

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим ГОСТам.

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

Приложения к статье

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

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

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

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

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

Тексты статей могут быть высланы в rar или zip архиве (каждая статья отдельно) по электронной почте на адрес редакции southgeo@mail.ru.

В архиве должны присутствовать следующие файлы:

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

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

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

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

Усл. печ. лист 16,5. Гарнитура «Times».

Бумага офсетная. Печать цифровая. Тираж 100 экз.

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

Издатель:

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

Адрес редакции:

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

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

e-mail: southgeo@mail.ru

<http://cgiras.ru/southgeo>

Отпечатано ИП Цопановой А.Ю.

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

