

Е.В.БУРДАКОВА, ведущий инженер, *labmgm@yandex.ru, palvas@mail.ru*
Всероссийский научно-исследовательский институт геологии
и минеральных ресурсов Мирового океана им. академика И.С.Граммберга,
Санкт-Петербург

E.V.BURDAKOVA, leading engineer, *labmgm@yandex.ru, palvas@mail.ru*
All-Russia reserch institute for geology and mineral resources of the Wold ocean,
Saint Petersburg

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛОСТЕЙ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Использование природных резонаторов (пещеры, горные выработки, неоднородности верхней части разреза, характеризующиеся более низкими, по сравнению с окружающей средой, скоростями упругих колебаний) для исследования акустической эмиссии является весьма перспективным для прогнозирования опасных геологических процессов по слабым акустическим предвестникам.

Ключевые слова: природные резонаторы, акустическая эмиссия, прогнозирование, землетрясения.

USE OF EARTH CRUST CAVITIES FOR REGISTRATION OF EARTHQUAKES FORERUNNERS

Natural resonators features using for acoustic emission studying is a very perspective and could be implemented of geological hazards prediction by weak acoustic forerunners.

Key words: natural resonator, acoustic emission, prognostication, earthquake.

В земной коре находятся различные естественные и искусственные воздушные полости – объемные резонаторы (пещеры, штольни, подземные сооружения и др.). Объемный резонатор – это колебательная система, которая при воздействии внешней силы определенной частоты способна совершать колебания с максимальной амплитудой на его собственной частоте. Собственные частоты резонатора зависят от его величины и формы. Поэтому использование горных выработок и естественных пещер для изучения акустической эмиссии весьма перспективно для прогнозирования опасных геологических процессов по слабым акустическим предвестникам [1].

Установка датчиков акустической эмиссии в горных выработках (резонаторах) избавляет наблюдателя от необходимости

борьбы с поверхностными волнами и шумами техногенного происхождения, в том числе вызванных погодными условиями, а установка датчиков в резонаторах позволяет усиливать слабые сигналы-предвестники.

Однако горные выработки и естественные пещеры не всегда можно найти в районе исследования. Роль резонаторов в таких районах могут выполнять неоднородности верхней части разреза, характеризующиеся более низкими, по сравнению с окружающей средой, скоростями упругих колебаний.

Расположенный в нижнем полупространстве блок пород с пониженной скоростью упругих волн выступает в роли резонирующей полости, которая принимает акустические колебания в широком диапазоне частот с усилением и соответственно с задержкой волн на собственных частотах. Бо-

лее длинные волны могут проходить сквозь такую «полость», не замечая ее.

Наличие в верхней части разреза пустот, заполненных воздухом или менее скоростной (более рыхлой, трещиноватой и др.) породой, хотя и создает трудности приема акустических волн-предвестников готовящегося землетрясения, но зато усиливает предвестники на резонансных частотах.

Изучение резонансных характеристик верхней части разреза с целью обнаружения резонаторов ведется с помощью акустических съемок по профилям, пересекающим различные зоны: тектонические и вещественные контакты пород, измененные породы и др. Наиболее информативные для приема предвестников зоны выделяются по аномальным акустическим сигналам, аномальной энергии акустической эмиссии на высоких и низких частотах, мощности излучения и совпадению резонансных частот («пустот») с частотами предвестников.

Под действием гидростатического и тектонического давления даже на небольших глубинах породы приобретают трещиноватость. Вследствие этого возникает возможность образования волновода, в котором скорость распространения акустических возмущений V_1 гораздо меньше скорости распространения акустических возмущений в выше и ниже лежащих слоях земной коры. При этом может возникнуть ограниченный в пространстве волновод или, как его предложили назвать И.С.Граммберг и В.К.Паламарчук [2], – волновод-ловушка. Если такой волновод окружен плотными крепкими породами, то он может накапливать энергию и становиться очагом землетрясения.

В таком волноводе-резонаторе с горизонтальными размерами 10-100 км и мощностью 1-5 км возможно возбуждение собственных частот акустических волн [3]

$$f_{p,m,n} = \frac{V_1}{2} \left(\frac{p^2}{b^2} + \frac{m^2}{c^2} + \frac{n^2}{a^2} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

где b и c – горизонтальные размеры волновода-резонатора; a – его толщина; $p, m, n = 0, 1, 2, \dots$

Если горизонтальные размеры значительно больше толщины волновода ($b \gg a$, $c \gg a$), формулу (1) можно записать в виде

$$f_n = \frac{V_1 n}{2 a}. \quad (2)$$

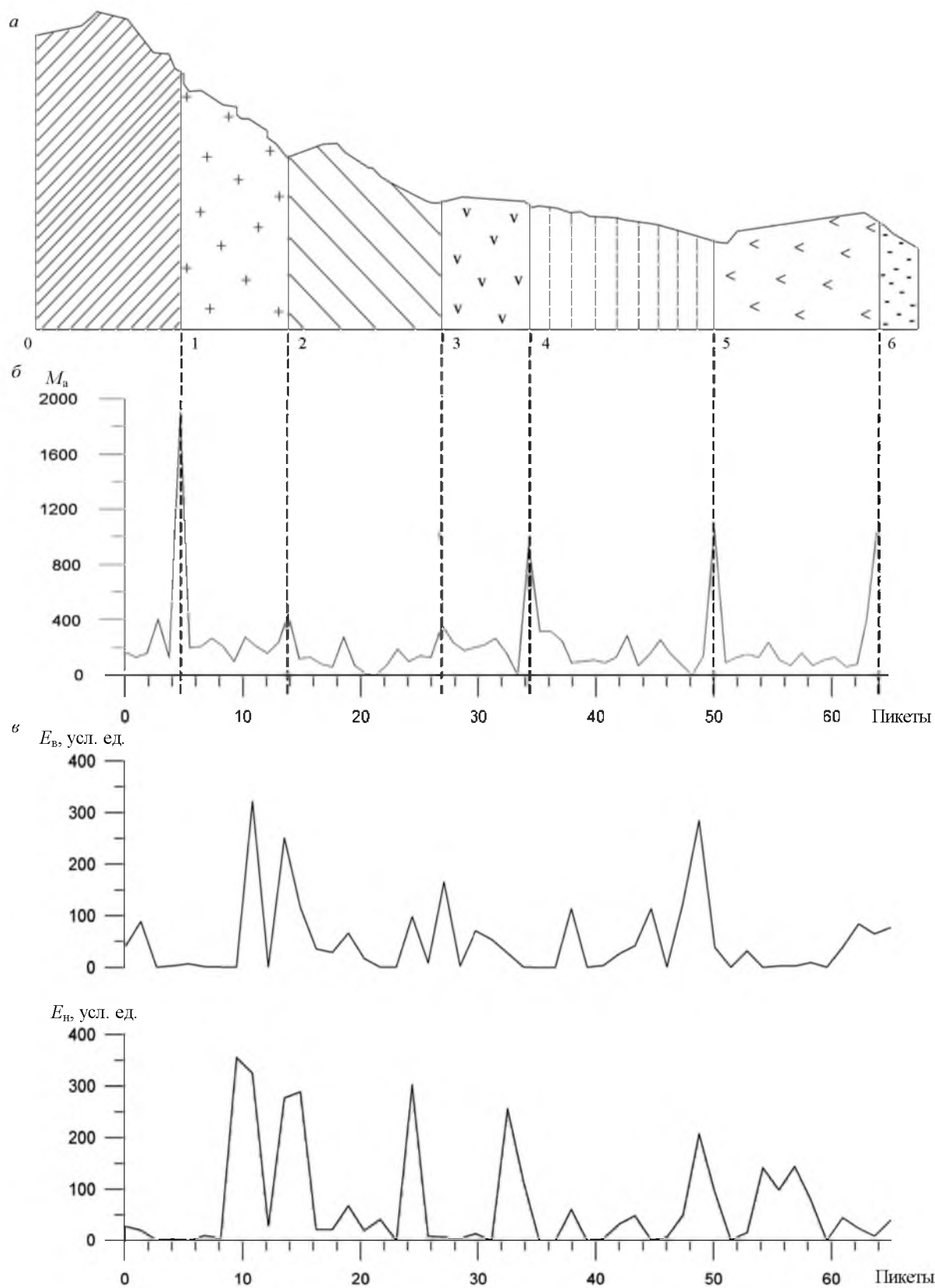
Положив $V_1 = 5000$ м/с, по формуле (2) при $a = 2,5$ км и n , равном 1, 2, 3, получим $f_1 = 1$ Гц, $f_2 = 2$ Гц, $f_3 = 3$ Гц, а при $a = 1$ км, соответственно $f_1 = 2,5$ Гц, $f_2 = 5$ Гц и $f_3 = 7,5$ Гц. Значит, при выбранных параметрах волновода-резонатора спектр его собственных колебаний будет лежать в диапазоне частот 1-10 Гц.

При воздействии на волновод-резонатор частотами $f > f_n$ будет происходить возбуждение частот f_n , а при f , близких к f_n , имеет место накопление и рост амплитуды акустических волн на резонансных частотах.

В связи с блочным строением земной коры обнаружить (прямо или косвенно) блоки с пониженными скоростями распространения упругих волн не представляет труда. Прямыми способами обнаружения таких блоков-резонаторов являются специальные измерения, к примеру просвечивание массивов, временные разрезы по данным сейсморазведки и др., косвенными – наблюдение акустической эмиссии шумов, по спектрам которой определяются размеры блоков и их резонансные характеристики.

Как было показано в работе [1], аномалии акустической эмиссии обычно связаны с предвестниками землетрясений, активными тектоническими нарушениями и другими процессами трещинообразования. Возникновение интенсивного акустического излучения на резонансных частотах дает возможность картировать зарождающиеся очаги накопления энергии упругой отдачи.

Найдем характеристики акустической эмиссии, с помощью которых можно надежно идентифицировать аномалии. Такими характеристиками могут быть мощность акустической эмиссии, энергия в определенных интервалах частот, импульсы и форма амплитудных спектров. Примеры изучения мощности акустической эмиссии описаны в работе [2].



Изучение предвестников землетрясения на профиле, расположенном над очагом землетрясения (пос. Да Лу Ба в районе оз.Сяо Нан Хай). Пикеты расположены на расстоянии 250 м друг от друга

На профиле (см. рисунок, *a*) выполнено вычисление мощности акустической эмиссии M_a [1]. Выделенные аномалии акустической эмиссии (см. рисунок, *b*) позволяют обозначить следующие зоны напряженного состояния склона (см. рисунок, *a*):

I – зона гравитационного склона, которая во время землетрясения может образовывать обвал;

II, III – зоны старых нарушений оползневого склона, образовавшихся во время землетрясения 1856 г.;

IV – зона, связанная с современными подвижками в зоне современного очага;

V – нарушение, образовавшееся во время землетрясения, активизированное современными процессами в очаге;

VI – современная зона напряжений (зона выдавливания).

Следует заметить, что зоны I, IV-VI активизированы современными процессами в очаге, который 11 мая 2004 г. «разрядился» слабым землетрясением. На профиле нулевая точка расположена на периферии очага, точки 2 и 3 – в зоне предполагаемого эпицентра готовящегося землетрясения.

Как следует из рисунка, установка акустических мониторинговых станций в зоне очага (между точками 2 и 3) будет не лучшим образом регистрировать предвестники активизации геологической среды. Наиболее перспективными для установки мониторинговых станций являются точки 2 и 3 (границы предполагаемого очага) и точка 5, где мощность акустической эмиссии не очень большая (по сравнению с точкой 1), но энергии низких E_n и высоких E_v частот свидетельствуют о готовности среды к разрывам (см. рисунок, *e*). В то же время в точке 1, где наблюдается максимальная мощ-

ность акустической эмиссии, нет аномалий E_n и E_v .

Из всех точек на исследуемом профиле наиболее пригодны точки, в зоне которых имеются условные «пустоты»-полости в скоростном разрезе. Это точки 2, 3 и 5, а минимизировать их можно только к точкам 2 и 5. Первая из них будет контролировать очаг на его условной границе, а вторая – оползание пород в связи с образованием оползня. Активизация оползня будет косвенно контролировать очаг землетрясения.

Данный пример не единственный в этом районе опасный участок. Его рассмотрение связано с наличием в зоне предполагаемого очага жилых зданий, школы и зоны отдыха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурдакова Е.В. Картирование очагов землетрясений по акустической эмиссии / Е.В.Бурдакова, Н.В.Глинская, В.Н.Морозов // Активные геологические и геофизические процессы в литосфере: Мат. междунар. конф. Воронеж, 2006.
2. Грамберг И.С. Прогноз землетрясений как поисковая задача / И.С.Грамберг, В.К.Паламарчук // Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов: Мат. междунар. конф. Воронеж, 2001.
3. Исаакович М.А. Общая акустика. М., 1973.

REFERENCES

1. Burdakova E.V., Glinskaya N.V., Morozov V.N. Earthquake focus mapping by acoustic emission // Active geological and geophysical processes in the lithosphere: International conference book abstracts. Voronezh, 2006.
2. Gramberg I.S., Palamarchuk V.K. Earthquakes prediction as a searching task. New geodynamic, deep structure and seismicity of platforms territories and contiguous regions: International conference abstracts book. Voronezh, 2001.
3. Isaakovich M.A. Total acoustic. Moscow, 1973.