

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОСЕЙСМ И АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ В УСЛОВИЯХ ТРАНСПОРТНОГО ПОЛИГОНА**

*Владимир Игоревич Добродный*

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, аспирант, тел. (919)950-88-45, e-mail: vovan2172@mail.ru

*Оксана Андреевна Копылова*

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, аспирант, тел. (383)330-87-43, e-mail: okkplv@yandex.ru

Работа связана с численной оценкой и сравнительным анализом уровней микросейсм и акустических шумов в условиях транспортного полигона. Целью работы является исследование и дальнейшее определение различия между сигналами и шумом для улучшения способности обнаружения слабо различимых событий, а также изучение особенностей распространения взаимосвязанных сейсмических и акустических волновых полей. Это связано с тем, что волновые процессы, порождаемые многими природными и техногенными источниками, имеют сопряженный характер. В частности, это связано с одновременным распространением сейсмических волн в земле и акустических в атмосфере. Это определяет целесообразность учёта одновременно параметров обоих типов волн в задачах геофизического мониторинга окружающей среды, а также в решении некоторых прикладных задач сейсмологии и акустики.

**Ключевые слова:** сейсмические и акустические шумы, сейсмические и акустические датчики, натурные эксперименты

## **CHARACTERISTICS OF MICROSEISMS AND ACOUSTIC NOISES IN THE TRANSPORT POLYGON CONDITIONS**

*Vladimir I. Dobrorodny*

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D. Student, phone: (919)950-88-45, e-mail: vovan2172@mail.ru

*Oksana A. Kopylova*

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D. Student, phone: (383)330-87-43, e-mail: okkplv@yandex.ru

The work is related to numerical estimation and comparative analysis of microseismic and acoustic noise levels in transport polygon conditions. The aim of the work is to study and further define the difference between the signal and noise to improve the ability to detect poorly distinguishable events, as well as to study the propagation features of the interrelated seismic and acoustic wave fields. It is related to the fact that wave processes generated by many natural and anthropogenic sources are conjugate nature. In particular, it is related to simultaneous propagation of seismic waves in the ground and acoustic waves in the atmosphere. It determines expediency of taking into account simultaneously parameters of both types of waves in the tasks of geophysical monitoring of the environment, as well as in solving some applied problems of seismics and acoustics.

**Keywords:** technogenic noise, transport noise, seismic vibrator, geocological risks, comparative analysis, informative features

## ***Введение***

Проблеме оценивания и сопоставления различного рода природных микросейсм и акустических шумов уделяют пристальное внимание. Это связано с использованием атмосферы и дневной поверхности Земли в качестве канала передачи информации для обнаружения различного рода событий на их фоне. К таким событиям можно отнести транспортные шумы, создаваемые движением транспортных объектов, различного рода промышленные помехи и т.п. Задача оценивания и сопоставления указанных выше природных шумов состоит в том, чтобы исследовать и в дальнейшем определять различия между сигналами, помехами и шумом для улучшения разрешающей способности обнаружения слабо различимых событий.

Также здесь следует учесть, что природные и техногенные процессы сейсмической природы сопровождаются образованием сопряжённых акустических процессов в атмосфере. В первую очередь, это касается образования акустических полей. При этом уровни акустических волн в отдельных случаях сопоставимы, а иногда выше уровней сейсмических. Это определяет целесообразность учёта параметров акустических волн наряду с сейсмическими в задачах геофизического мониторинга окружающей среды, а также в решении некоторых прикладных задач сейсмологии и акустики [1-3].

## ***Постановка задачи***

Одна из основных целей настоящей работы состоит в оценивании численных характеристик уровня природного акустического шума и микросейсм, а также их вариации, во временном интервале с минимальной активностью деятельности человека на основе использования параметров сейсмических и акустических полей. Для решения задачи используются программно-технические средства и методики проведения натурных экспериментов. Последние включают в себя набор программ оценки уровня микросейсм и акустических шумов с последующим вычислением их уровней. Полученные результаты сопоставляются между собой. Получаемые данные возможно использовать для решения задач выделения помех и полезных сигналов.

## ***Методика проведения работ***

Экспериментальная часть проведения работ базируется на непрерывной записи, в течении 9 часового интервала, сейсмического и акустического природного шума в ночное и утреннее время на одном из полигонов Новосибирской области. Для одновременной регистрации сейсмических и акустических шумов применяется регистрирующая аппаратура «Байкал» в комплекте с сейсмиче-

скими датчиками типа GS-3 (трёхкомпонентный геофон) и акустическим датчиком ПДС-7. В качестве характеристики шумов принимаются значения виброскоростей и акустического давления на определённом частотном интервале и приведённые к значениям измеряемых в вольтах.

Синхронизация записей по отношению к Мировому времени осуществляется по сигналам GPS перед началом сеанса записи. После пуска на запись регистрация сигналов осуществляется непрерывно на протяжении всего интервала проведения эксперимента.

### ***Выбор параметров для анализа сейсмических и акустических шумов***

С целью выявления возможной взаимосвязи микросейсмических и акустических природных шумов, а также понимания общей картины распределения частотных составляющих, при помощи программной среды «Астра» на основе пакета прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB предварительно был проведён спектральный анализ в полосе частот от 0.5 до 400 Гц (рис. 1). Выбор частотной полосы обусловлен применительно к транспортным шумам подвижных объектов. Экспериментально было определено, например, что тяжёлый гусеничный транспорт явно излучает при движении спектр частот от единиц до сотен герц (рис. 2).

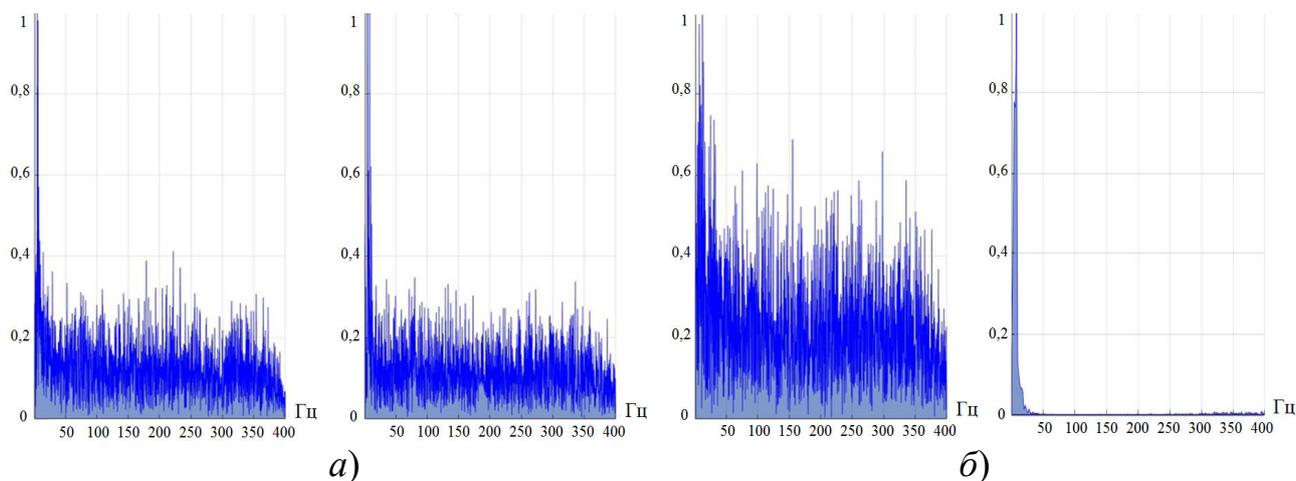


Рис. 1. Результаты спектрального анализа сейсмического, по трём компонентам (а) и акустического (б) шума

В виду отсутствия чётко выраженной связи между акустическим и микросейсмическим шумом (см. рис. 1), была исключена из анализа полоса частот от 50 до 400 Гц. Далее в полосе частот от 3 до 50 Гц проводился частотно-временной спектральный анализ микросейсмических и акустических шумов, на основе быстрого преобразования Фурье.

В работе был проанализирован весь участок записей и выбраны для наглядности наиболее характерные участки. Как видно из рис. 3 область с повышенным

значением уровня акустического шума лежит в полосе частот до 20 Гц. Природу возникновения акустической помехи установить не удалось, однако её появление было обнаружено в определённый момент времени. Далее были взяты для сравнения идентичные временные участки записей микросейсмического шума представленные на рис. 4, 5, 6.

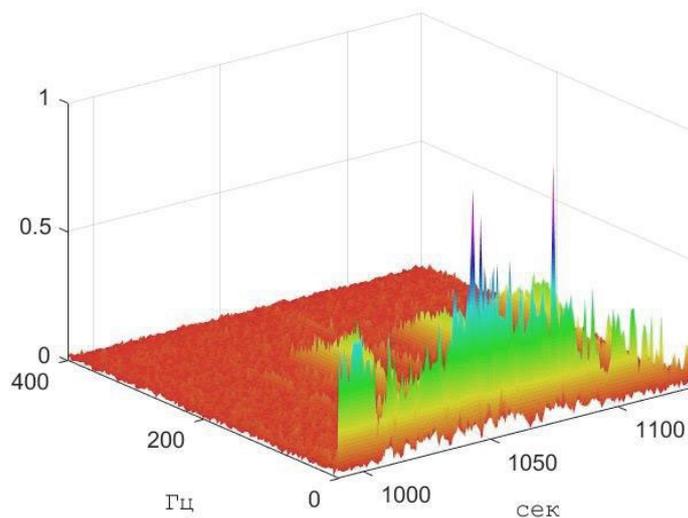


Рис. 2. Спектр транспортных шумов тяжёлой гусеничной машины в диапазоне частот до 400 Гц

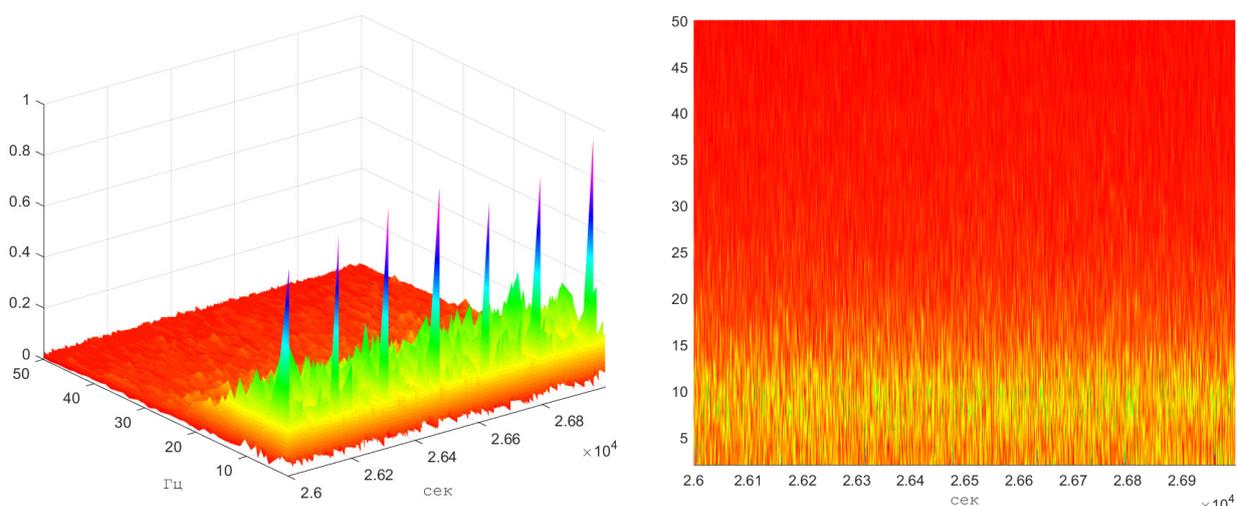


Рис. 3. Участок акустического шума с присутствием акустической помехи

В результате сравнения графиков спектрально-временных функций явно прослеживается тенденция сохранения повышенного значения микросейсмического шума в той же полосе частот, что и для акустического шума, до 20 Гц. Тем самым можно сделать предположение, что между ними имеется определённая взаимосвязь.

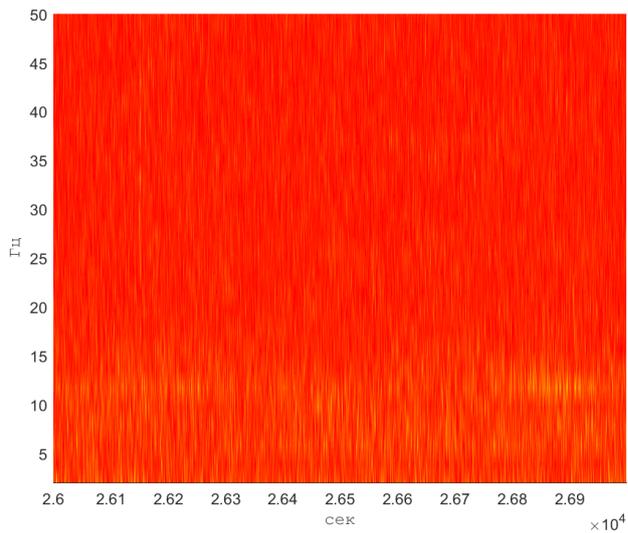
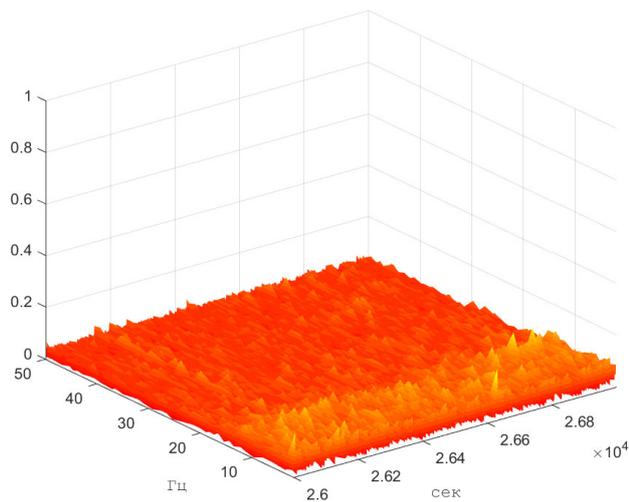


Рис. 4. Участок микросейсмического шума по компоненте X

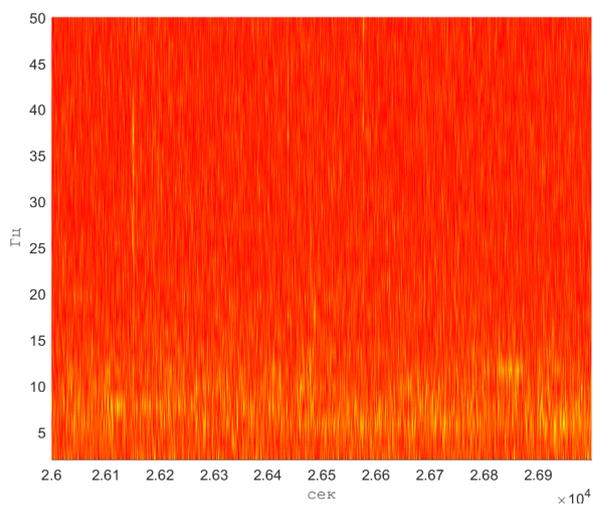
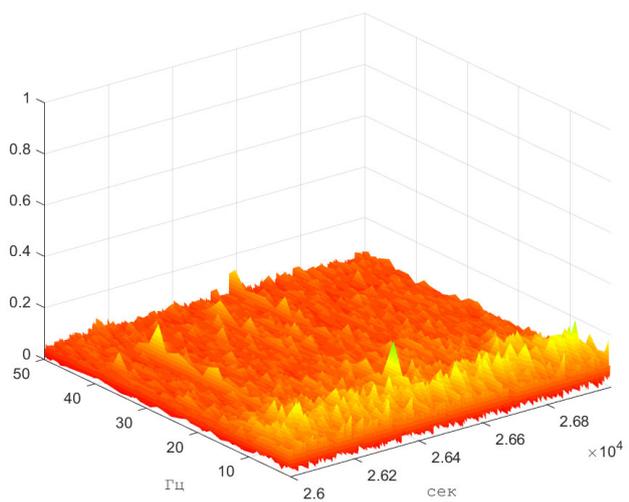


Рис. 5. Участок микросейсмического шума по компоненте Y

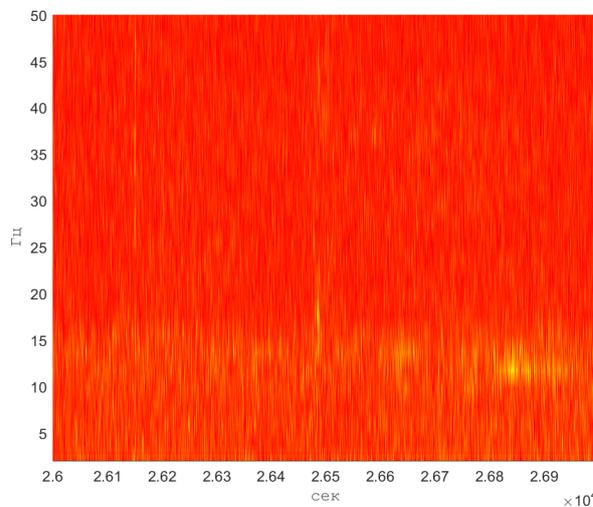
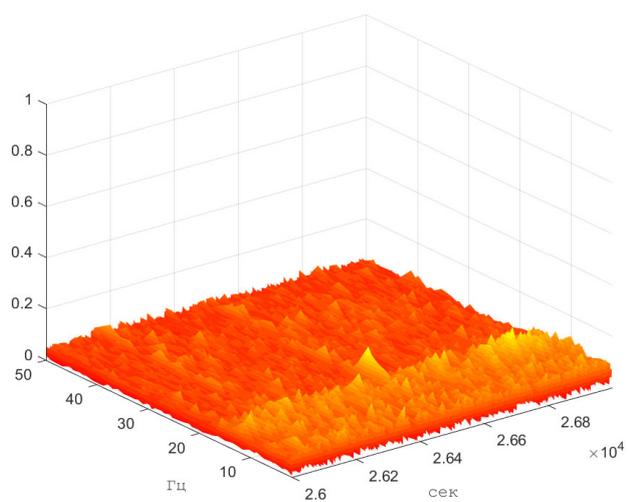


Рис. 6. Участок микросейсмического шума по компоненте Z

## **Определение численных значений микросейсмических и акустических шумов**

Для определения численных значений была использована методика расчёта акустического воздействия техногенных шумов на окружающую инфраструктуру и человека, определяемого уравнением:

$$L_{Aeg} = 10 \lg \frac{1}{T} \sum_{i=0}^T \left( \frac{p_{Ai}(t)}{p_0} \right)^2, \quad (1)$$

где  $L_{Aeg}$  – эквивалентный скорректированный уровень шума за заданный период  $T$ ,  $p_A(t)$  – текущее значение среднеквадратичного звукового давления, Па;  $p_0$  – опорное звуковое давление в воздухе, принимается равным  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ , Па;  $T$  – время действия шума, час [4].

Наряду с воздействиями процессов распространения акустических транспортных шумов в атмосфере одновременно необходимо учитывать влияние вибраций, возникающих как результат распространения сейсмических колебаний в земле. Из таких вибраций выделяются: транспортная, которая возникает вследствие движения по дорогам; технологическая – возникает при работе машин и оборудования в процессе выполнения технологических операции на производственных площадках. Показатель, отнесённый к вибрациям, определяется следующим образом:

$$L_v = 20 \lg \left( \frac{v}{v_0} \right), \quad (2)$$

где  $L_v$  – уровень виброскорости;  $v$  – среднее квадратичное значение виброскорости, м/с;  $v_0$  – опорное значение виброскорости, принимается равным  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с [5].

### **Результаты натурных экспериментов**

Используя программное обеспечение «Астра» был обработан интервал записей микросейсмического и акустического природного шума начиная с 21 часов 50 минут. Также был выделен и проанализирован участок записи, соответствующий утреннему времени суток. В табл. 1, 2 представлены результаты проведённых расчётов.

Как следует из анализа данных табл. 2 природный акустический шум выражен более явно, основную часть которого вносит шум в полосе частот анализа от 3 до 20 Гц. Параметры микросейсмического шума, также имеют тенденцию увеличения в области инфранизких частот. Уменьшение значений природного шума в утренние часы явно не противоречит здравому смыслу, при отсутствии разного рода природных и техногенных источников. При рассмотрении графиков спектрально-временных функций видно, что на всём участке записи, картина изменения уровня шумов носит убывающий характер, что соответствует проведённому анализу.

Таблица 1

## Значения уровня виброскорости

Компонента датчика	Временной интервал, сек.	Полоса частот, Гц	Значение шума, дБ
x	0 – 32400	3 – 50	1.0312
y	0 – 32400	3 – 50	0.39523
z	0 – 32400	3 – 50	1.2901
суммарный вектор	0 – 32400	3 – 50	5.6928
x	26000 – 27000	3 -50	-0.88642
y	26000 – 27000	3 -50	-1.289
z	26000 – 27000	3 -50	-1.1573
суммарный вектор	26000 – 27000	3 -50	3.6636
x	26000 – 27000	3 – 20	-10.901
y	26000 – 27000	3 – 20	-10.7051
z	26000 – 27000	3 – 20	-10.7295
суммарный вектор	26000 – 27000	3 – 20	-6.0065
x	26000 – 27000	20 – 50	-12.2049
y	26000 – 27000	20 – 50	-12.6683
z	26000 – 27000	20 – 50	-12.1884
суммарный вектор	26000 – 27000	20 – 50	-7.577

Таблица 2

## Значения уровня акустического давления

Временной интервал, сек.	Полоса частот, Гц	Значение шума, дБ
0 – 32400	3 – 50	37.8795
26000 – 27000	3 – 50	-2.4951
26000 – 27000	3 – 20	-3.7726
26000 – 27000	20 – 50	-13.428

Проведение представленного анализа может помочь в решении прикладных задач процедур обнаружения подвижных объектов, определения параметров воздействия природного микросейсмического и акустического шума на биологические объекты. Также, например, зная закон изменения шума возможно применение шумоподавляющих фильтров, которые предсказывают шум по его предыстории и удаляют предсказанный шум [6].

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№18-47-540006р\_а, 20-07-00861а.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев А.С., Глинский Б.М., Ковалевский В.В., Хайретдинов М.С. и др. Активная сейсмология с мощными вибрационными источниками / Отв. ред. Г.М. Цибульчик. Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, Филиал "Гео" Издательства СО РАН, 2004.
2. Глинский Б.М., Ковалевский В.В., Хайретдинов М.С. Взаимосвязь волновых полей мощных вибраторов с атмосферными и гидродинамическими процессами // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40, № 3. – С.431-441.
3. Гуляев В.Т., Кузнецов В.В., Плоткин В.В., Хомутов С.Ю. Генерация и распространение инфразвука в атмосфере при работе мощных сеймовибраторов // Изв. АН СССР: Физика атмосферы и океана. – 2001. – Т.37, №3. – С.303-312
4. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума. Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 40 с.
5. «СН 2.2.4/2.1.8.566-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы» (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 N 40).
6. Peacock K.L., Treitel S. Predictive deconvolution. Theory and practice // Geophysics. – 1969. – 34. – P. 155 – 169.

© В. И. Доброродный, О. А. Копылова, 2021