

УДК 622:504(622.271.3: 622.012.3: 622.235)

МОНИТОРИНГ УРОВНЯ ИНФРАЗВУКОВОГО ФОНА В Г. ГУБКИН БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2024 г. Ю. С. Рыбнов^{1,*}, С. П. Соловьев^{1,**}, А. В. Крашенинников¹, С. Ю. Рыбнов¹¹Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского РАН, Москва, Россия

*E-mail: rybnov.y@idg.ras.ru

**E-mail: soloviev@idg.ras.ru

Описаны инструментальные наблюдения за уровнем инфразвукового фона в полосе частот 1–20 Гц от работающей техники при вывозе руды из карьеров Лебединского и Стойленского ГОКов. Ежедневно в карьерах работают более 130 единиц основной горной техники, которые являются источником интенсивных инфразвуковых колебаний. Измерения проводились в период с июня по октябрь 2022 и 2023 гг. Проведенные исследования показали, что увеличение количества массовых взрывов в 2023 г. и, как следствие, интенсификация вывоза руды, привело к возрастанию инфразвукового фона на 4–9 дБ по сравнению с 2022 г. Однако его значение не превышает предельно допустимые уровни для территории жилой застройки 75÷90 дБ.

Ключевые слова: работающая техника, уровень инфразвукового фона.

Для цитирования: Рыбнов Ю.С., Соловьев С.П., Крашенинников А.В., Рыбнов С.Ю. Мониторинг уровня инфразвукового фона в г. Губкин Белгородской области // Динамические процессы в геосферах. 2024. Т. 16. № 1. С. 8–14. http://doi.org/10.26006/29490995_2024_16_1_8

Введение

Согласно п. 3.2 [ГОСТ Р ИСО 14050-2009, 2011], экологический аспект (*environmental aspect*) определяется как элемент деятельности организации, который может взаимодействовать с окружающей средой. При этом под воздействием на окружающую среду (*environmental impact*) понимается любое изменение окружающей среды (отрицательное или положительное), являющееся результатом деятельности промышленных предприятий и работы транспорта [ГОСТ Р ИСО 14050-2009, 2011].

Одним из определяющих факторов, характеризующих экологический аспект территории, является состояние воздушной среды в приповерхностном слое атмосферы: загрязнение вредными газами и мелкодисперсными частицами в результате деятельности промышленных предприятий.

Другая, отдельная проблема деятельности промышленных предприятий – инфразвуковой фон, вариации которого в некоторых частотных диапазонах весьма отрицательно влияют на биологические объекты, в первую очередь на человека [Назаров, Фхметзянов, 2005; Агаджанян и др., 2008; Ахметзянов и др., 2011; Тужилкин и др., 2011; Колесник и др., 2013;]. Поэтому исследование фоновой инфразвуковой обстановки окружающей среды является важной научной задачей. Основной целью проводимых исследований была оценка уровня инфразвука на территории жилой застройки [Санитарные нормы, 1997] от работающей техники.

Измерительная аппаратура

Мониторинг уровня инфразвука в приземном слое атмосферы проводился в стационарном пункте наблюдения (рис. 1). Пункт расположен в г. Губкин, Лебединский район. Расстояние до края Лебединского карьера ~ 1 км, а Стойленского – ~ 6 км.

Пункт оснащен измерительным микрофоном 4147 с усилителем 2690А-OS2 фирмы Брюль и Кьер (полоса регистрируемых частот: 1–20 Гц, динамический диапазон: 0.01–50 Па). Данная аппаратура (рис. 2) используется для мониторинга техногенных инфразвуковых шумов Московского мегаполиса [Адушкин и др., 2020].



Рис. 1. Схема размещения измерительной аппаратуры



Рис. 2. Измерительный микрофон 4147 с усилителем 2690А-OS2 фирмы Брюль и Кьер



Рис. 3. Мобильный пункт наблюдения (микрофон установлен в защитном экране)

Для получения информации об уровне инфразвукового фона от отдельных видов горнодобывающей техники использовался мобильный пункт наблюдения (рис. 3). Это позволило проводить измерения инфразвуковых колебаний на расстояниях 10–50 м от работающей техники.

Экспериментальные данные

Инфразвук от работающей техники

Основная техника, используемая при погрузке и вывозе руды из карьеров – экскаваторы и большегрузные самосвалы компании Caterpillar Inc. (Катерпиллар), которая является одной из крупнейших мировых производителей строительной и горнодобывающей техники.

На рисунках 4 и 5 приведены сигналограммы от прохождения большегрузного самосвала по автомагистрали и работающего экскаватора.

Вариации инфразвука в стационарном пункте

В период с 07 июня по 07 октября 2022 г. на карьерах произведено: Лебединский – пять массовых взрывов (время – 09:00–09:10 UTC); Стойленский – шесть взрывов (время – 10:00–10:10 UTC). Всего 11 массовых взрывов. На рис. 6 приведен пример записи суточных вариаций инфразвука 04 июля 2022 г.

В 2023 г. измерения проводились с 20 июня по 20 октября. За этот период на карьерах проведено всего 22 массовых взрыва: на Лебединском – тринадцать, Стойленском – девять. На рис. 7 приведены данные измерений 12 июля 2023 г.

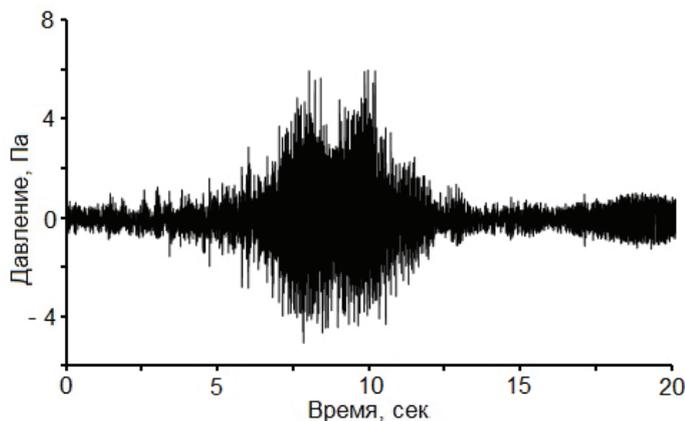


Рис. 4. Инфразвуковые колебания от движения большегрузного самосвала (расстояние до автомагистрали ~ 10 м)

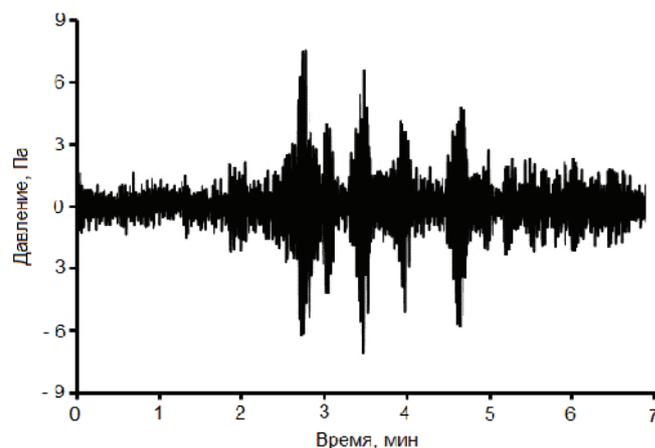


Рис. 5. Инфразвуковые колебания от работы экскаватора (расстояние до точки измерения ~ 30 м)

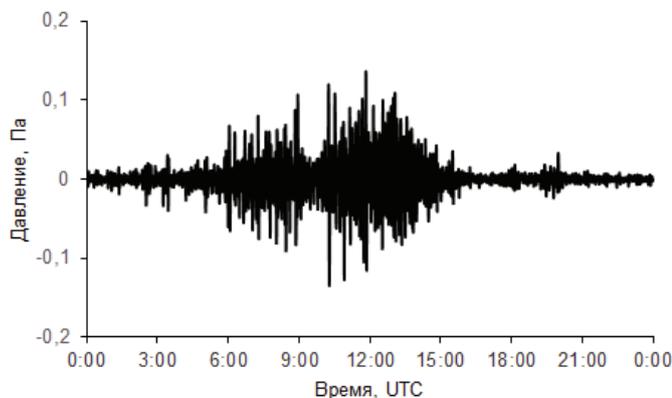


Рис. 6. Вариации инфразвука 04 июля 2022 г.

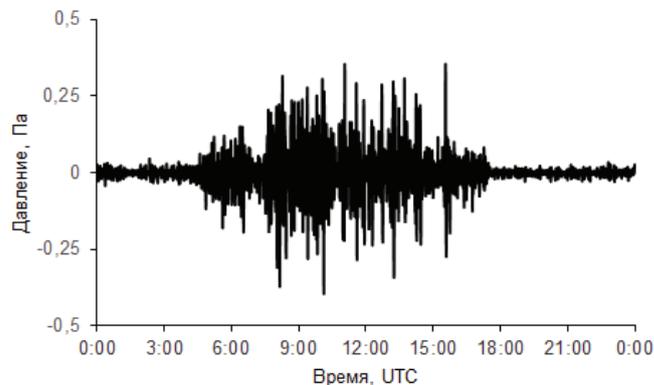


Рис. 7. Вариации инфразвука 12 июля 2023 г.

Обсуждение результатов наблюдений

Необходимо отметить, что основной целью проводимых исследований была оценка уровня инфразвука от работающей техники при вывозе руды. Поэтому в дни проведения взрывов регистрация не велась (работы в карьерах не проводились за 3 часа до взрыва и несколько часов после).

Уровень инфразвукового фона L_p оценивался в дБ по формуле:

$$L_p = 10 \cdot \log \frac{P^2}{P_0^2},$$

где P – среднеквадратичное значение звукового давления, Па; P_0 – исходное значение звукового

давления в воздухе, равное 2×10^{-5} Па. На рисунках 8 и 9 приведены графики вариаций суточного уровня инфразвукового фона, осредненные за весь период измерений в 2022–2023 гг.

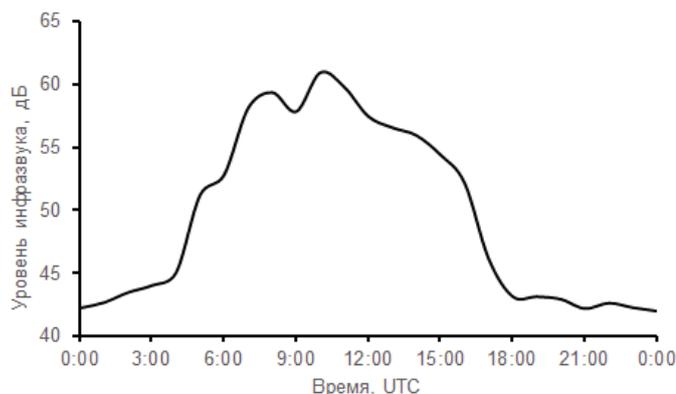


Рис. 8. Вариации суточного уровня инфразвукового фона за весь период измерений в 2022 г.

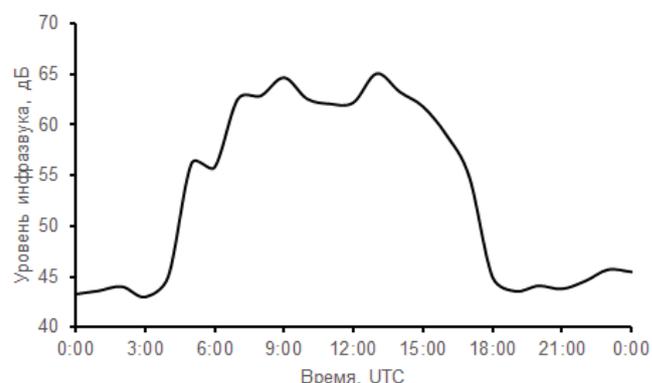


Рис. 9. Вариации суточного уровня инфразвукового фона за весь период измерений в 2023 г.

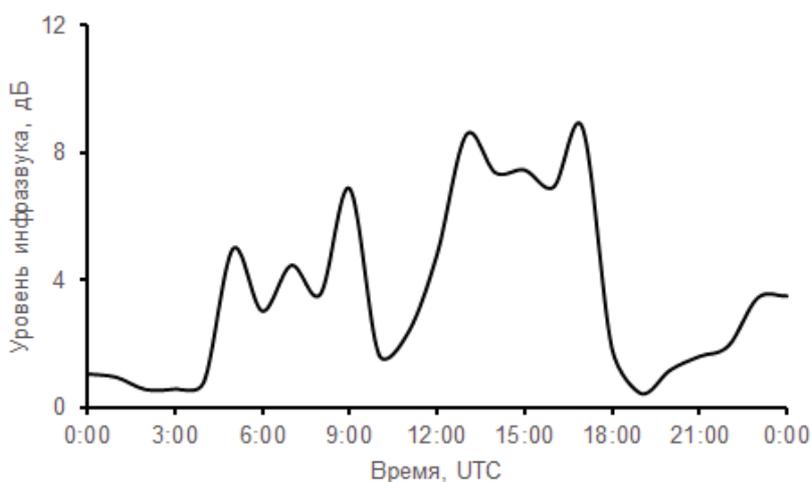


Рис. 10. Увеличение уровня инфразвукового фона в 2023 г. по сравнению с 2022 г.

Как показал проведенный анализ, за весь период измерений уровень инфразвукового фона начинал возрастать приблизительно в 05 часов по UTC и продолжался до ~ 17 часов по UTC. Его продолжительность была равна приблизительно 12 часов, что соответствует времени работы большегрузной техники в карьерах по вывозу руды.

Кроме того, в 2023 г. заметно увеличение уровня фона (рис. 10) приблизительно на 4–9 дБ. Вероятной причиной является двухкратное увеличение числа массовых взрывов и, как следствие, интенсификация работы горнодобывающей техники. Проведен сравнительный анализ спектральных характеристик инфразвуковых колебаний: в ночные часы, когда горнодобывающая техника не работала, и днем – в период интенсивной работы.

На рис. 11 приведена спектрограмма инфразвуковых колебаний в ночные часы, а на рис. 12 – в период интенсивной работы горнодобывающей техники. Видно, что в дневные часы значительно возрастает спектральная плотность колебаний в диапазоне частот ~ 9–17 Гц. Приведены спектры инфразвуковых колебаний от движения большегрузного самосвала (рис. 13) и от работы экскаватора (рис. 14). Как видно из рисунков, спектр инфразвука данной горной техники имеет максимумы в диапазоне частот ~ 9–17 Гц. Можно предположить, что они являются источником повышения инфразвукового фона.

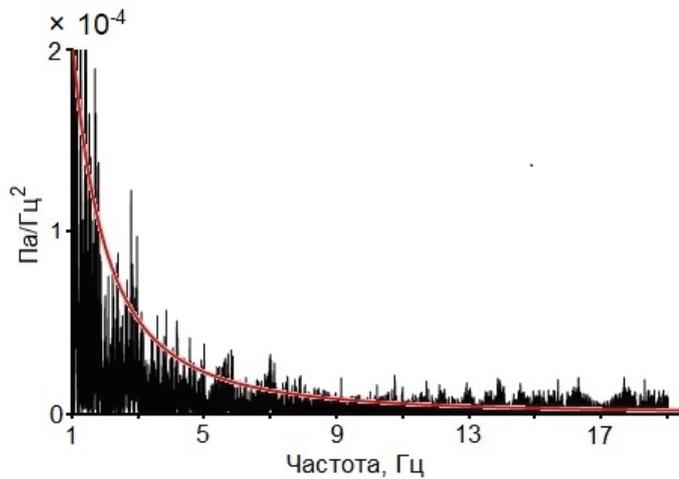


Рис. 11. Спектр инфразвуковых колебаний в ночные часы

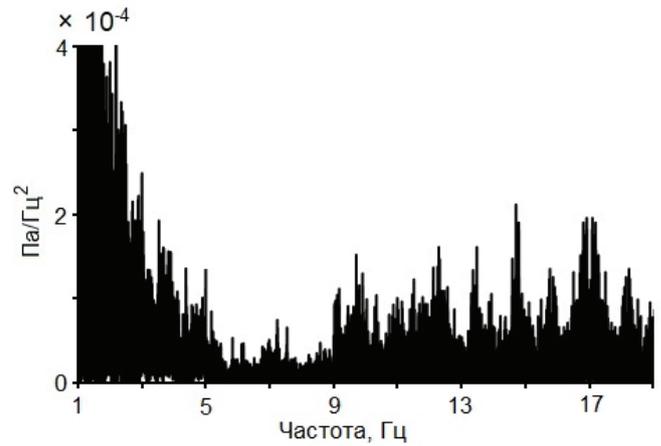


Рис. 12. Спектр инфразвуковых колебаний в дневные часы

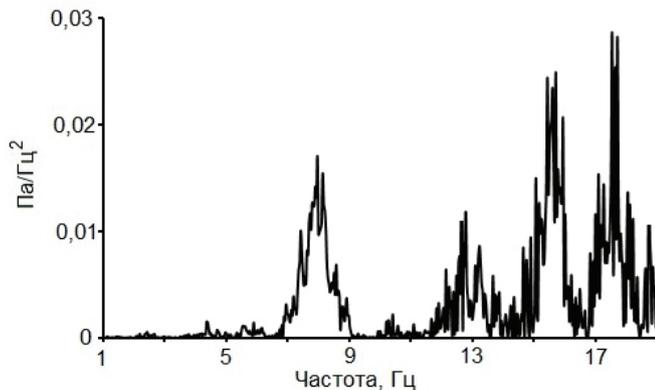


Рис. 13. Спектр инфразвуковых колебаний от движения самосвала (измерения на расстоянии ~ 10 м от автомагистрали)

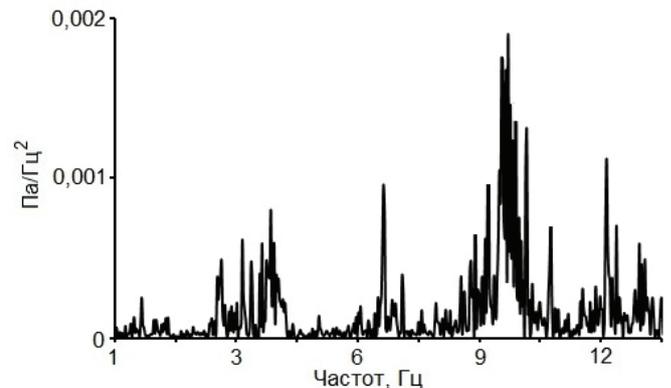


Рис. 14. Спектр инфразвуковых колебаний от работающего экскаватора (измерения на расстоянии ~ 30 м)

Заключение

Представлены результаты экспериментальных наблюдений за уровнем инфразвукового фона в г. Губкин Белгородской обл. в 2022–2023 гг.

Исходя из полученных данных сделано предположение, что увеличение инфразвукового фона в 2023 г., вероятно, связано с двукратным увеличением числа массовых взрывов и, как следствие, интенсификацией работы горнодобывающей техники при погрузке руды и ее транспортировке большегрузным транспортом.

Спектральный анализ инфразвуковых полей от горнодобывающей техники показал, что в дневные часы значительно возрастает спектральная плотность колебаний в диапазоне частот ~ 9–17 Гц. Это подтверждает предположение, что работа горнодобывающей техники является источником повышения инфразвукового фона.

Однако средний уровень инфразвукового фона при этом равен ~ 55÷62 дБ и не превышает предельно допустимые уровни инфразвука на территории жилой застройки 75÷90 дБ [Санитарные нормы, 1997].

Финансирование

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 122032900185-5).

Список литературы

Агаджанян Н.А., Александров С.И., Антикаева О.И., Гаврилова Т.В., Гамбурцев А.Г., Главатских С.П., Грачев В.А., Дмитриева Т.Б., Жалковский Е.А., Киселев Г. П., Летников Ф.А., Олейник О.В., Расторгуев В.Н., Сидоров П.И., Черешнев В.А., Юдахин Ф.Н. Экология человека в изменяющемся мире / Под общ. ред. В. А. Черешнева. Изд. 2-е, доп. Екатеринбург : УрО РАН. 2008. – 570 с.

Адушкин В.В., Рыбнов Ю.С., Спивак А.А. Инфразвук в атмосфере. М. : ТОРУС ПРЕСС. 2020. – 319 с.

Ахметзянов И.М., Зинкин В.Н., Петреев И.В., Драган С.П. Гигиеническая оценка сочетанного воздействий шума и инфразвука на организм военнослужащих // Военно-медицинский журнал. 2011. Т. 332. № 11. С. 44–50. <https://www.elibrary.ru/robnvn>

ГОСТ Р ИСО 14050-2009. Менеджмент окружающей среды. М. : Стандартиформ, 2011. – 40 с.

Колесник А.Г., Побаченко С.В., Соловьев А.В. Оценка сопряженности показателей ЭЭГ мозга человека с параметрами фоновых инфразвуковых колебаний давления по данным мониторинговых исследований // Геофизические процессы и биосфера. 2013. Т. 12. № 1. С. 70–80. <https://www.elibrary.ru/raghtf>

Назаров Д.В., Фхметзянов В.Р. Медико-психологическое воздействие инфразвука на организм человека // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2005. № 1. С. 123–126. <https://www.elibrary.ru/jwpgah>

Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.583–96. Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки М. : Информационно-издательский центр Минздрава России. 1997. – 11 с.

Тужилкин Д.А., Апраткина М.Л., Бородин А.С. Влияние вариаций физических полей окружающей среды на функционирование сердечно-сосудистой системы человека // Физика окружающей среды. Томск : Томское университетское издательство. 2011. С. 285–288.

MONITORING OF THE INFRASOUND BACKGROUND LEVEL IN GUBKIN, BELGOROD REGION

© 2024 Yu. S. Rybnov^{1,*}, S. P. Soloviev^{1,**}, A. V. Krasheninnikov¹, S. Yu. Rybnov¹

¹*Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**E-mail: rybnov.y@idg.ras.ru*

***E-mail: soloviev@idg.ras.ru*

Instrumental observations of the level of the infrasound background in the frequency band of 1–20 Hz from working equipment during the export of ore from the Lebedinsky and Stoilensky quarries are described. More than 130 units of basic mining equipment operate in the quarries every day, which are a source of intense infrasound vibrations. The measurements were carried out between June and October 2022 and 2023. The conducted studies have shown that an increase in the number of mass explosions in 2023 and, as a result, the intensification of ore export, led to an increase in the infrasound background by 4–9 dB compared to 2022. However, its value does not exceed the maximum permissible levels for residential areas of 75–90 dB.

Keywords: working equipment, the level of infrasound background.