

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ЛЮДИНУ ШЛЯХОМ КАРТОГРАФУВАННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ АВТОМАГІСТРАЛЕЙ М. МИКОЛАЄВА ЗАСОБАМИ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ (ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ ARCGIS)

Яремчук О.М., Жук І.Ю., Сарафанюк Н.Л.
Чорноморський національний університет імені Петра Могили,
вул. 68 Десантників, 10, 54000, м. Миколаїв
olga.yaremchuk.77@ukr.net, irina_g2@ukr.net, cnluanen@gmail.com

У статті подано дослідження, яке було спрямоване на вимірювання рівнів шуму у трьох зонах м. Миколаєва з метою створення карт шуму у досліджуваній зоні для виявлення областей високої інтенсивності шумового забруднення. Шкідливий вплив шуму на людину нині загально визнаний і виявляється в широкому діапазоні впливів від суб'єктивних роздратувань до об'єктивних патологічних змін в органах центральної нервової й серцево-судинної систем.

У дослідженні авторами були розглянуті теоретичні основи шумового забруднення; узагальнені вітчизняний і зарубіжний досвід картографування шумового забруднення територій; проаналізовано стан шумового забруднення обраних районів м. Миколаєва на основі створеної двовимірної горизонтальної карти шуму; запропоновано рекомендації щодо зниження шумового навантаження в місті на його мешканців.

Інструментами картографування, використаними в цьому дослідженні, є пакети програм ArcMap та ArcGIS Pro. Вимірювання рівня шумового навантаження проводилося за допомогою шумоміру "Flus ET-958". ArcGIS Pro – це найсучасніший пакет програмного забезпечення GIS, розроблений ESRI. Програмне забезпечення може бути використане в широкій області загальних, а також конкретних додатків ГІС, які можна легко розширити через його інтерфейс додатків (API).

Дослідження показало, що рівні шуму різняться від 38 дБ до 83 дБ, збільшення показників на Південно-Бузькому мості та Одеському шосе (обидві досліджувані ділянки є частинами міжнародної траси М-14 Одеса-Мелітополь-Новоазовськ) здебільшого виникає через велику інтенсивність руху транспортних засобів (особливо вдень) і незадовільний стан дорожнього покриття. Також було виявлено шумову «лінію» в районі Спаського спуску, яка розташована вздовж трамвайної лінії.

Зроблено висновок, що хоча виміри не охоплювали територію всього міста, але показали, що спостерігається досить високий рівень шуму, на який потрібно звернути увагу в подальших дослідженнях та діях стосовно зниження рівня шуму. *Ключові слова:* шумове забруднення, урболаншафти, програмний пакет ARCGIS.

Analysis of noise pollution impact on humans by mapping of highways noise pollution in Nikolaev by GIS technologies.
Yaremchuk O., Zhuk I., Sarafaniuk N.

The statistics have been filed with the property, as it was mostly hidden in the winter noise in the three zones of the metro station Mikolaeva with the help of the noise map in the area for the detection of areas of high noise noise intensity. Squeezed by noise to the crowds of year-old ignorance manifests itself in a wide range of impressions, from sub-active distributions to normal pathological changes in the organs of the central nervous cardiovascular system.

The authors of the boole looked at the theoretical basis of understanding noise noise; the zagagalnoe presentation and foreign cartography of the noise noise problem. An analysis was made of the noise clogging camp in the two districts of the Mikolaev metro station on the basis of a horizontal, horizontal, noise picture; recommendations on how to reduce noise noise in the city on the first bag are invoked.

The mapping tools used in this work are the ArcMap and ArcGIS Pro software packages. Determination of the noise load level was performed using a noise meter "Flus ET-958". ArcGIS Pro is a state-of-the-art GIS software package developed by ESRI. The software can be used in a wide range of general as well as specific GIS applications and can be easily extended through an application interface (API).

The study showed that noise levels vary from 38 dB to 83 dB, the increase in the South Bug Bridge and Odessa highway (both surveyed areas are part of the international route M-14 Odessa-Melitopol-Novozovsk) is mainly due to the high intensity of traffic (especially during the day) and unsatisfactory condition of the road surface. A noise "line" was also found in the area of the Spassky descent, which is located along the tram line.

It was concluded that, although the measurements did not cover the entire city, but showed that there is a fairly high noise level, which should be addressed in further research and actions to reduce noise. *Key words:* diseases, noise pollution, urban landscapes, ARCGIS software.

Постановка проблеми. XXI століття увійде в історію як століття загострення екологічних проблем: енергетичних, забруднення довкілля, проблем питної води тощо. Серед них важливе місце посідає проблема шумового забруднення. Її існування пов'я-

зане з тим, що зростання потужностей сучасного устаткування, машин, побутової техніки, швидкий розвиток усіх видів транспорту призвели до того, що люди на виробництві й у побуті постійно піддаються дії шуму високої інтенсивності.

Забруднення навколишнього середовища є головною проблемою, з якою стикаються всі країни світу. Швидкий розвиток промисловості призводить до величезної кількості потенційно шкідливих викидів у довкілля. Масове збільшення кількості жителів і транспортних засобів призвело до стурбованості «забрудненням шумом», що стало однією з головних проблем суспільства [1].

Шумове забруднення впливає на соціальний розвиток, оскільки воно має прямий та опосередкований вплив на діяльність людини, освіту, виробництво та економічні процеси. Шум по-різному впливає на психічне та фізичне здоров'я людини, порушення щоденної діяльності, і ці наслідки можуть спричинити тимчасову чи постійну втрату слуху, починаючи від незначного порушення до майже повної глухоти [2]. Доведений шкідливий вплив на організм інфразвуку: виникають психози, галюцинації, знижується працездатність, виникають перебої в роботі серцево-судинної системи [3].

Актуальність дослідження. Всесвітня організація охорони здоров'я (далі – ВООЗ) у 2011 році вказала, що шумове забруднення посідає друге місце серед низки екологічних стресових факторів за впливом на здоров'я населення [4]. На додаток до цього ВООЗ встановила піраміду, яка свідчила про ступінь впливу шумового забруднення на здоров'я людини. Останнє виявляє згубний вплив на організм людини за локальної дії. Проникаючи глибоко в тканини, воно здатне викликати запальні реакції, порушення місцевого імунітету, утворення клітинних порожнин, некроз. При впливі раптового високочастотного імпульсу відбуваються порушення в роботі життєво важливих центрів головного мозку і зупинка серця.

Спостерігається також негативний вплив на організм людини шуму. Тривалий звук від 60 до 90 дБ викликає спазм периферичних судин, збільшення виділення адреналіну, перебої в роботі серця (на кардіограмі виявляються зниження частоти серцевих скорочень і подовження серцевого циклу), порушення роботи вегетативної нервової системи [5]. Понад 90 дБ – збої в ендокринній та імунній системах, загострення хронічних захворювань, відбувається перебудова енергетичного обміну у м'язовій тканині, визначаються органічні зміни внутрішнього вуха, які призводять до повної втрати слуху [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Натепер у світі працюють сотні тисяч вчених, фахівців в області захисту від шуму, накопичено чимало наукових знань, технічних розробок, цікавих наукових досліджень.

Питання ролі шумового забруднення в розрізі екологічної безпеки вивчали І.Л. Карагодіна, Г.Л. Осіпов, І.О. Шишкін у 1972 році в праці «Боротьба з шумом у містах», Б.Г. Прутков «Шумозащита в градостроительстве» (1963), К.П. Лі, Дж.Х. Девіс (1975), Дз. Маєкава (1975), Е.П. Самойлюк (1975) та інші вітчизняні та закордонні вчені.

Потрібно зазначити, що нині українські дослідники картографуванням шуму практично не займаються. Особливе місце у розробці цієї наукової проблеми посідають праці доктора технічних наук, доцента кафедри Охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківського національного університету міського господарства В.Е. Абракітова. Автором була розроблена власна методика побудови карт шуму міських територій, здійснено картографування шумового навантаження деяких районів м. Харкова, Києва та Полтави.

Отже, наукові доповіді вітчизняних і зарубіжних авторів показали, що дослідження шумового забруднення на міських територіях – актуальна тема, а дослідження в цьому напрямі будуть основою для прийняття комплексу заходів щодо оптимізації умов життєдіяльності селітебних зон, зменшення акустичного навантаження на людину, а також просторово-часової оцінки шумового навантаження на урболандшафти м. Миколаєва та побудови карт шуму обраних ділянок засобами ГІС-технологій (із використанням програмного пакету ArcGIS).

Новизна. Виконано картографування шумового режиму частини території м. Миколаєва із застосуванням математичних моделей процесів розповсюдження звукових хвиль. Дотепер такі дослідження на вказаній території не проводилися.

Методологічне або загальнонаукове значення. Внаслідок зазначеного картографування шумового режиму частини території м. Миколаєва виявлені зони шумового забруднення на території міста, які характеризовані значною кількістю контрольних точок із вимірними в кожній із них спектрами шуму. На підставі цих даних можна охарактеризувати стан акустичної безпеки в місті та запропонувати відповідні заходи і засоби боротьби із шумом.

Виклад основного матеріалу.

Побудова картографічних моделей обраних об'єктів дослідження. Графічне представлення карти шуму базується на колірній шкалі умовних позначок для рівня шуму, що ґрунтується на типах їх зонування за фактором перебільшення нормативних значень, а розміри точкових значків для позначення контрольних точок на місцевості можуть бути пов'язані з їх рівнями звуку.

Конкретних вимог до оформлення карт шуму (за винятком головної вимоги з'єднувати всі крапки з однаковим значенням ізолініями), на жаль, не існує. Нами було використано методику відображення цих зон у їх колірному оформленні по «принципу світлофора»:

1) зони акустичного комфорту з рівнями, які не перевищують нормативні, виділяються зеленим кольором: (з урахуванням особливостей психологічного сприйняття людини, де «зелений колір – нормально, цілком допустимо»;

2) зони граничних значень (значення за нормою чисельно збігаються з вимірними або обчисле-

ними на території значеннями) виділяються жовтим кольором: («жовтий колір – увага»);

3) зони акустичного дискомфорту з рівнями, що перевищують нормативні, виділяються червоним кольором: («червоний колір – символ заборони, небезпека, неприпустимо»).

Така кольорова гамма інтуїтивно найбільш оптимальна для адекватного сприйняття поданої інформації.

Карта шуму – це фрагмент генерального плану території, що є топографічною підосною із нанесеними на неї зонами акустичного комфорту і акустичного дискомфорту. Графічне відображення точок із однаковими акустичними характеристиками, з'єднаних між собою ізолініями, дозволяє наочно відобразити рівень шумового навантаження на території.

Засоби і методи ГІС дозволяють будувати графічні схеми і карти на базі введених у неї геоінформаційних даних. Для створення та візуалізації математичної моделі процесів поширення шуму нами було використано програми ArcMap та ArcGIS Pro. Дані вносилися в спеціально створений у програмі ArcMap шейп-файл (шейп-файл – файл спеціального формату для запису ГІС-інформації). Шейп-файл несе інформацію про просторове розташування контрольної точки на території (тобто схему розташу-

вання точок вимірювання на місцевості з прив'язкою до геодезичної системи координат), а також (створювані на розсуд експериментатора) поля для запису супутньої інформації. Все це подається у вигляді «таблиці атрибутів». Поле FID відповідає за нумерацію точок. Поле Shape визначає тип об'єкта (тобто означає, що саме це – точка вимірювань). Решта полів створені самостійно автором для своїх цілей.

Наступний етап побудови карти шуму проводився в програмі ArcGIS Pro (рис. 2).

Слід чітко розуміти, що в обох програмах (ArcGIS Pro та ArcMap) немає спеціальної кнопки «Побудова карт шуму», немає відповідних меню, немає ніяких акустичних формул і готової графіки для занесення значень вимірів рівня звукового тиску; а слова «карта шуму», «децибел» жодного разу не зустрічаються навіть в його багатотомній технічній документації.

Ця програма просто призначена для того, щоб будувати графічні схеми і карти на базі введених у неї геоінформаційних даних (на основі примусово визначених користувачем закономірностей їх побудови). Одним із безлічі окремих випадків таких даних є акустичні, одним із локальних прикладів закономірностей – закономірності поширення шуму в міській забудові, одним із безлічі окремих випадків таких даних є акустичні, одним із локальних при-



Рис. 1. Інтерфейс програми ArcMap



Рис. 2. Інтерфейс програми ArcGIS Pro

кладів закономірностей є закономірності поширення шуму в міській забудові, а одним із окремих випадків графічних схем є шукана карта шуму.

Маючи досить знань для побудови математичної моделі та беручи до уваги наукові напрацювання доктора технічних наук В.Е. Абракітова, ми змогли визначити, що для побудови карти шуму найдоцільніше використати метод зворотних зважених відстаней (як один із багатьох можливих методів просторової інтерполяції). Метод зворотних зважених відстаней (IDW) однозначно передбачає, що об'єкти,

які знаходяться поблизу, більш подібні один одному, ніж об'єкти, віддалені один від одного. Щоб проінтерполювати значення для невиміряного положення, IDW використовує виміряні значення навколо позиції, яка інтерполюється.

Найбільш близькі до проінтерполюваної позиції виміряні значення більше впливають на прогнозоване значення, ніж віддалені від нього на значну відстань. IDW передбачає, що кожна вимірювана точка надає локальний вплив, який зменшується зі збільшенням відстані. Це надає більшої ваги точкам,

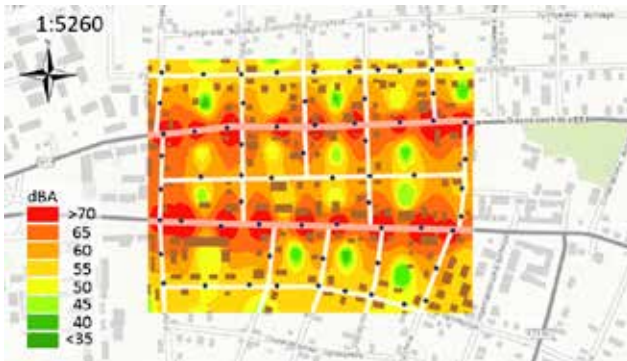


Рис. 3. Карта шумового забруднення для зони 1 у денний час



Рис. 4. Карта шумового забруднення для зони 1 у нічний час



Рис. 5. Карта шумового забруднення для зони 2 у денний час



Рис. 6. Карта шумового забруднення для зони 2 у нічний час



Рис. 7. Карта шумового забруднення для зони 3 у денний час

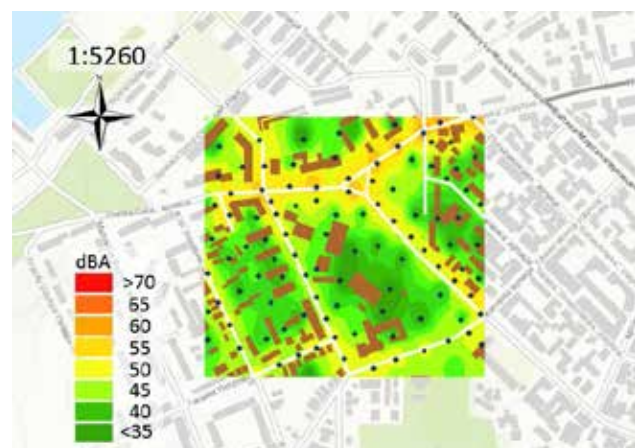


Рис. 8. Карта шумового забруднення для зони 3 у нічний час

розташованим ближче всього до інтерпольованого розташування. Вага точки зменшується як функція від відстані. Тому метод носить назву зворотних зв'язаних відстаней.

Інтерпретація отриманих результатів дослідження

За отриманими даними ми зробили такі висновки. Дослідження показало, що рівні шуму різняться від 38 дБ до 83 дБ. Дані вимірів шуму в нічний час у більшості розрахункових точок (особливо у зонах 1 та 3) здебільшого не перевершують нормативні значення ($\approx 35-55$ дБ).

Розшифрування карт шуму досить просте: джерела шуму концентруються уздовж транспортних магістралей (у місцях окремих темних плям із перевищенням норми); всередині мікрорайонів, за стіною одно-, дво- (зони 1 та 2) та багатоповерхової забудови (зони 2 та 3) (світлі плями), шум різко знижений.

У денний час зафіксований перехід цих же територій у зону акустичного дискомфорту (рис. 3, 5, 7). Збільшення показників на Південно-Бузькому мості та Одеському шосе (обидві досліджувані ділянки є частинами міжнародної траси М-14 Одеса-Мелітополь-Новоазовськ) здебільшого пов'язано з великою інтенсивністю руху транспортних засобів і незадовільним станом дорожнього покриття. Також було виявлено шумову «лінію» в районі Спаського спуску, яка розташована вздовж трамвайної лінії.

Отримані результати досліджень наочно показують, що основним джерелом шуму в досліджуваних районах м. Миколаєва є автомобільний транспорт – $\approx 70-78$ дБ вдень і $\approx 60-70$ дБ вночі. При віддаленні від проїжджої частини до тротуарів або жвавої вулиці рівень шуму спадає приблизно на 5-15 дБ (вдень становить $\approx 54-65$ дБ, вночі – $\approx 48-56$ дБ); у спальних районах $\approx 40-50$ дБ вдень і $\approx 32-45$ дБ вночі. Мінімальний рівень шуму зафіксований у парковій зоні – близько $\approx 34-44$ дБ вдень і $\approx 28-36$ дБ вночі. Максимальний рівень шуму зафіксований на мості від звуку проїжджаючих фур – ≈ 85 дБ.

На динаміку зміни рівня шуму впливає активність автомобільних потоків і скупчення людей. Так, уздовж доріг вдень (рис. 3, 5, 7) рівень шуму значно вищий, ніж вночі (рис. 4, 6, 8); біля громадських установ (школи) рівень шуму вищий, ніж на оточуючих територіях; біля магазинів рівень шуму практично не змінюється.

Умовно розділимо поняття «акустичного комфорту» і «дискомфорту». Зони акустичного комфорту – це території з рівнями звуку і рівнями звукового тиску, які не перевищують нормативних значень. Слід зауважити, що практично на будь-якій території присутній так званий фоновий шум: спів

птахів, шелест листя, шум вітру. Тому зон із рівнями звуку і звукового тиску, із рівними нулю децибелами просто не може бути. Однак цей фоновий шум у низці випадків не перевищує нормативних значень і не викликає ніяких незручностей, а тим більше шкоди і небезпеки для людини.

Зони акустичного дискомфорту – це території з рівнями звуку і рівнями звукового тиску, що перевищують нормативні значення. Перебуваючи в зазначених зонах, людина відчуває психофізіологічний дискомфорт через надлишкові рівні звуку і рівні звукового тиску. При значному перевищенні нормативних значень шумом наноситься шкода організму.

Формально будь-яке перевищення нормативних значень шуму неприпустиме і є порушенням діючих санітарних і технічних норм. Це вимагає застосування шумозахисних заходів. На жаль, саме за фактором шуму дискомфорту є дуже великі площі на території сучасного міста, що ми підтвердили, створивши карти шуму трьох різних зон м. Миколаєва, а ніякі шумозахисні заходи на них не проводяться. Це додатково підкреслює актуальність проведеної науково-дослідної роботи.

Слід зауважити, що створення карт шуму дозволяє здійснювати моніторинг акустичного забруднення навколишнього середовища, вивчити закономірності поширення шуму в міській забудові, коригувати проектні рішення.

Головні висновки. Дослідження показало, що рівні шуму різняться від 38 дБ до 83 дБ, збільшення показників на Південно-Бузькому мості та Одеському шосе (обидві досліджувані ділянки є частинами міжнародної траси М-14 Одеса-Мелітополь-Новоазовськ) здебільшого пов'язано з великою інтенсивністю руху транспортних засобів (особливо вдень) і незадовільним станом дорожнього покриття. Також було виявлено шумову «лінію» в районі Спаського спуску, яка розташована вздовж трамвайної лінії.

Перспективи використання результатів дослідження. Використання при розробці власного приладу нових технологій у галузі комунікацій і висока швидкість обчислень дозволять створювати шумові карти в майже реальному масштабі часу. Співвідношення з географічним місцем розташування (GPS-трекер), вимірювання збираються з мобільних станцій і за допомогою програмного забезпечення для шумового моніторингу (датчик звуку) зберігаються (локальне калібрування). Завдяки розробленому способу підсумкова карта буде відповідати фактичній ситуації, а її створення може займати декілька годин залежно від складності досліджуваної території.

Література

1. Cabrera I.N, Lee M.H. Reducing Noise Pollution in the Hospital Setting by Establishing a Department of Sound: A Survey of Recent Research on the Effects of Noise and Music in Health Care. *Preventive Medicine*. 2000 April; 30(4): p. 339–345. PMID:10731463.
2. Djamel O. Annoyance caused by exposure to road traffic noise: An update. *Noise & Health*. 2002 February; 4(15): p. 69–79.
3. Манаєнкова А.М. Загальні принципи класифікації, діагностики та лікування професійних захворювань / А.М. Манаєнкова // Професійні захворювання: Керівництво. М. : Медицина, 1996. Т. 1. С. 21–27.
4. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України. 2016 рік / МОЗ України, ДУ «УІСД МОЗ України». Київ, 2017. 516 с.
5. "Analytical Bulletin" N. 44 (597) / On Actual Problems of the Fight against Cardiovascular Diseases / М., 2015. P. 100–102.
6. Професійні захворювання / За ред. Н.Ф. Измерова і ін. М. : Медицина, 1996. Т. 1. С. 336.
7. Ткач Н.А. Оценка и прогнозирование влияния автомобильного транспорта на состояние шумового загрязнения сельских территорий : дис. к.т.н: 01.03.15, Дніпропетровськ / Ткач Наталья Александровна. Дніпропетровськ, 2015. 183 с.
8. Prasad D. Noise pollution / Debi Prasad: tripathy B.E. (Min.), M. Tech (Mine Planning) PG. Diploma in Ecology and Environment PG. Dip. Personnel Management and Industrial Relations. New Delhi: A.P.H. Publishing Corporation, 2015. 362 p.
9. Kucas A., Hoj J., Frederiksen R. Efficient Noise Mapping using ArcGIS and detailed Noise Propagation Simulation. 2017 ESRI European User Conference.
10. Абракітов В.Е. Моделювання процесів розповсюдження шуму у 39-й міській забудові із застосуванням комп'ютерних технологій / В.Е. Абракітов // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : Тези доповідей XIX міжнародної науково-практичної конференції, Ч. IV. (MicroCAD-2015, 01-03 червня 2011 року, Харків). Харків : НТУ «ХПІ». С. 61. ArcDesktop GIS package. [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.esri.com.