

УДК 502/504

DOI: 10.30838/P.СММ.2415.250918.78.134

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ РИЗИКУ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ АВТОТРАНСПОРТОМ (НА ПРИКЛАДІ ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РАЙОНУ МІСТА ПОЛТАВА)

ПАРАЩЕНКО І. М.¹, к. т. н., доц.ВОРОНОВА Т. С.², магістрГОНЧАРЕНКО І. В.³, магістр

¹Кафедра прикладної екології та природокористування, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, просп. Першотравневий, 24, 36011, Полтава, Україна, тел. +38 (050) 1705-6-66, e-mail: irina1076irina@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4454-980X>

²Кафедра прикладної екології та природокористування, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, просп. Першотравневий, 24, 36011, Полтава, Україна, тел. +38 (095) 9112-7-67, e-mail: voronovat96@gmail.com

³Кафедра прикладної екології та природокористування, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, просп. Першотравневий, 24, 36011, Полтава, Україна, тел. +38 (050) 6832-6-35, e-mail: inga217shel@gmail.com

Мета. Визначення рівня забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту з подальшим аналізом його впливу на здоров'я населення, що проживає на придорожних територіях Шевченківського району міста Полтава. **Методика.** Розрахунок масового викиду від автотранспорту проводиться за методикою, розробленою геодезичною обсерваторією імені Воейкова. Також для розрахунку розсіювання шкідливих домішок в атмосферному повітрі використано програмний пакет ЕОЛ 2000. Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери розраховується за експоненціальною моделлю. **Результати.** Визначено рівні забруднення атмосферного повітря від автотранспорту та рівні ризику для здоров'я населення, що знаходиться на досліджуваній території. Отримані дані стали базою для створення карти інгредієнтного забруднення та карти рівня ризику для здоров'я людей. За результатами наведено перелік заходів по мінімізації негативного впливу автотранспорту на навколишнє середовище. **Наукова новизна.** Теоретично обґрунтовано та практично підтверджено інгредієнтне забруднення від автомобільного транспорту з отриманням величини ризику, для оцінки шкоди, що наноситься здоров'ю населення на території, що досліджувалася, а також в розробленні схеми управління ризиками при впливі викидів автотранспорту. **Практична значимість.** Аналіз даних дає змогу визначити кількість населення, що піддається негативному впливу від забруднення атмосферного повітря, з подальшим наведенням практичних рекомендацій по зниженню фактичних рівнів концентрацій та мінімізації ризиків для здоров'я людей, що перебувають в досліджуваній території.

Ключові слова: забруднення атмосферного повітря; інгредієнтне забруднення; автотранспорт; ризик; шкода здоров'ю населення; мінімізація негативного впливу; розсіювання шкідливих домішок

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АВТОТРАНСПОРТОМ (НА ПРИМЕРЕ ШЕВЧЕНКОВСКОГО РАЙОНА ГОРОДА ПОЛТАВА)

ПАРАЩИЕНКО И. Н.¹ к. т. н., доц.ВОРОНОВА Т. С.², магистрГОНЧАРЕНКО И. В.³, магистр

¹Кафедра прикладной экологии и природопользования, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, просп. Первомайский, 24, 36011, Полтава, Украина, тел. +38 (050) 1705-6-66, e-mail: irina1076irina@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4454-980X>

²Кафедра прикладной экологии и природопользования, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, просп. Первомайский, 24, 36011, Полтава, Украина, тел. +38 (095) 9112-7-67, e-mail: voronovat96@gmail.com

³Кафедра прикладной экологии и природопользования, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, просп. Первомайский, 24, 36011, Полтава, Украина, тел. +38 (050) 6832-6-35, e-mail: inga217shel@gmail.com

Цель. Определение уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта с дальнейшим анализом его влияния на здоровье населения, проживающего на придорожных территориях Шевченковского района города Полтава. **Методика.** Расчет массового выброса от автотранспорта проводился по методике, разработанной геодезической обсерва-

торией имени Воейкова. Также для расчета рассеивания вредных примесей в атмосферном воздухе использован программный пакет ЕОЛ 2000. Оценка потенциального риска здоровью населения при хроническом влиянии загрязнения атмосферы рассчитывается по экспоненциальной модели. **Результаты.** Определили уровни загрязнения атмосферного воздуха от автотранспорта и уровни риска для здоровья населения, находящегося на исследуемой территории. Полученные данные стали базой для создания карты ингредиентного загрязнения и карты уровня риска для здоровья людей. По результатам приведен перечень мероприятий по минимизации негативного влияния автотранспорта на окружающую среду. **Научная новизна.** Теоретически обосновано и практически подтверждено ингредиентное загрязнение от автомобильного транспорта с получением величины риска для оценки вреда, что наносится здоровью населения на исследованной территории, а также в разработке схемы управления рисками при влиянии выбросов автотранспорта. **Практическая значимость.** Анализ данных дает возможность определить количество населения, что подвергается негативному влиянию от загрязнения атмосферного воздуха, с дальнейшим приведением практических рекомендаций по снижению фактических уровней концентраций и минимизации риска для здоровья людей, находящихся на исследуемой территории

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха; ингредиентное загрязнение; автотранспорт; риск; вред здоровью населения; минимизация негативного воздействия; рассеивания вредных примесей

DETERMINATION OF THE RISK LEVEL FOR POPULATION HEALTH FROM ATMOSPHERIC AIR POLLUTION BY AUTOMOTIVE TRANSPORT (AS EXEMPLIFIED BY THE POLTAVA CITY SHEVCHENKO DISTRICT)

PARASHCHENKO I. M.¹, *Ph. D, Assoc. Prof.*
 VORONOVA T. S.², *M.S (Tech.)*
 HONCHARENKO I. V.³, *M.S (Tech.)*

¹Department of Applied Ecology and Nature Management, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Pervomaisky ave., 24, 36011, Poltava, Ukraine, tel. +38 (050) 1705-6-66, e-mail: irina1076irina@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4454-980X>

²Department of Applied Ecology and Nature Management, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Pervomaisky ave., 24, 36011, Poltava, Ukraine, tel. +38 (095) 9112-7-67, e-mail: voronovat96@gmail.com

³Department of Applied Ecology and Nature Management, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Pervomaisky ave., 24, 36011, Poltava, Ukraine, tel. +38 (050) 6832-6-35, e-mail: inga217shel@gmail.com

The purpose of the study was to determine the level of atmospheric air pollution by road transport emissions with further analysis of its impact on the health of the population living on roadside territories of the Poltava city Shevchenkivsky district. **Methods.** The calculation of mass emissions from motor vehicles was carried out in accordance with the methodology developed by the Voeikov Main Geophysical Observatory. Also, to calculate the harmful impurities dispersion in the atmosphere, the EOL 2000 software package was used. Estimating the potential risk to the population health under the chronic influence of atmospheric pollution is calculated by the exponential model. **Results.** The levels of atmospheric air pollution from motor transport and the health risk level for the population located in the studied territory are determined. The obtained data became the basis for creating an ingredient contamination maps and maps of the risk level for human health. As a result, the list of measures to minimize the negative impact of vehicles on the environment is presented. **Scientific novelty.** The ingredient contamination from road transport is theoretically substantiated and practically confirmed with obtaining the risk value, to assess the damage to the population health in the studied territory, as well as to develop a risk management scheme for the vehicle emissions impact. **Practical significance.** Data analysis permits to determine the number of people exposed to the negative impact of atmospheric air pollution, with subsequent guidance on reducing actual concentration levels and minimizing the risks to the people's health in the studied area.

Keywords: atmospheric air pollution; ingredient contamination; motor transport; risk; damage to the population health; minimization of negative impact; dispersion of harmful impurities

Постановка проблеми

Наряду з розвитком науки і технологій виникає гостра проблема погіршення екологічного стану навколишнього середовища. Інтенсивні урбанізаційні процеси, збільшення кількості міського населення призвели до посилення техногенного навантаження на навколишнє середовище, зокрема на атмосферне повітря. Серед значної кількості джерел забруднення

навколишнього природного середовища суттєву небезпеку становлять автотранспортні системи (автомобільні дороги та транспортні засоби) [4].

Кожного року в Україні та світі спостерігається збільшення кількості автомобільного транспорту, незважаючи на кризові явища та вичерпання традиційних видів палива [2]. Відповідно, з розбудовою міст зростає і кількість автомобільного транспорту, що сприяє збільшенню протяжності та розгалуженос-

ті мережі автомобільних доріг, а також високій завантаженості транспортних потоків разом із постійно зростаючою кількістю транспортних засобів [4;10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема забруднення атмосфери викидами автотранспорту та їх впливу на організм людини по Україні та, зокрема, в Полтавській області розвивалася в дослідженнях Дядченко О. В. [5], Васькіна Р. А. [1], Мироненко С. Г. [8], Голика Ю. С. [3], Торонченко О. М. [12] та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Незважаючи на велику кількість публікацій щодо проблеми забруднення атмосфери невирішеним серед них залишається питання забруднення саме автотранспортом, оскільки в міському середовищі найбільший вплив на здоров'я населення формуються саме від викидів автотранспорту. Міжнародний досвід свідчить про необхідність обліку тих забруднювачів навколишнього середовища, які можуть бути деякою мірою шкідливими та токсичними для населення, не маючи при цьому канцерогенних властивостей. Багато факторів навколишнього середовища, не викликаючи змін, можуть служити фоном, що обумовлює підвищену чутливість до інших одночасних чи більш пізніх впливів, змінювати характер та тяжкість патологічного процесу [13]. Також, немає чіткої систематизації способів боротьби із забрудненнями та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та населення. Тому варто більш детально розглянути дані питання.

Формування цілей статті

Визначення рівня забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту в селітебних зонах міста, визначення рівня ризику для людей, що перебувають на досліджуваній території, аналіз отриманих даних та розробка рекомендацій щодо покращення екологічних характеристик атмосферного повітряного басейну Шевченківського району міста Полтава.

Викладення основного матеріалу

Для дослідження був вибраний Шевченківський район м. Полтава, (рис. 1). Обрана територія характеризується щільною забудовою, підвищеною інтенсивністю транспортного потоку переважно в центральних територіях району та по дорогах міжобласного сполучення, наявністю зупинок та рухом громадського транспорту. На територіях з житловими забудовами, що знаходяться не в центрі, а на окраїнах району можна спостерігати різкий спад інтенсивності автомобільного потоку. Також, при проведенні натурних спостережень нами було виявлено подекуди досить великі і різкі ухили доріг по всій території Шевченківського району, що відповідно буде впливати на

фактичні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі району.



Рис. 1. Територія проведення дослідження інгредієнтного забруднення та оцінки ризику здоров'ю населення від впливу викидів автотранспорту Шевченківського району міста Полтава/
Territory of conducting research on contaminated and estimating the risk to public health from the impact of motor vehicle emissions in the Shevchenkivskyi district of Poltava

Дана карта послужила підосною карти забруднення. Для дослідження забруднення атмосферного повітря від автотранспорту обрано 170 відрізків доріг на вулицях міста. Серед придорожньої забудови є житлова забудова, об'єкти комерційної діяльності та об'єкти масового відпочинку людей.

Спостереження за транспортними потоками для більшої достовірності результатів проводилися протягом 20 хвилин на контрольних точках в час пік 3 рази на день приблизно з 7:00 по 9:00, з 12:00 по 13:00 та з 17:00 по 18:00. В процесі натурних спостережень проводилась класифікація всього потоку транспорту за певними видами, а саме: легковантажні автомобілі, середньовантажні, важковантажні, автобуси і легкові автомобілі. Після чого з отриманих даних було виведено середній арифметичний показник інтенсивності автотранспорту.

Проаналізувавши отримані дані можна сказати, що найбільшу інтенсивність автомобільного потоку можна спостерігати на 14 ділянках. На даних ділянках середня кількість автомобілів варіювалася в межах від 1400 і сягала 1600 штук за годину. Відповідно, можна очікувати такі великі показники, так як дані вулиці є як головними по місту для пересування транспортних засобів, так і мають статус доріг міжобласного сполучення. Тенденцію в зниженні і мінімального завантаження вулиць можна спостерігати в спальних районах досліджуваної території, дороги на яких спостерігалася критично мала інтенсивність руху в подальшому дослідженні не враховувалися. Адже, їх значення на фоні значно завантажених доріг буде мінімальним і значного впливу на результати дослідження такі ділянки не матимуть. Відсоток лег-

кових автомобілів по відношенню до загальної кількості практично завжди залишався на рівні 70-80%.

За допомогою програми Microsoft Excel вводимо отримані статистичні дані і проводимо розрахунок викиду шкідливих речовин згідно з обраною методикою по визначенню кількості шкідливих речовин при спалюванні одиниці палива

Для автомагістралей з інтенсивним рухом, які є значним джерелом шкідливих викидів, головна геофізична обсерваторія ім. А. І. Войскова на основі експериментальних даних, одержаних при оцінюванні токсичності викидів автомобільних двигунів під час випробувальних їздових циклів рекомендує використовувати коефіцієнти, які дозволяють визначити кількість шкідливих речовин (M ; г) при спалюванні одиниці (1 кг) палива за формулою [11]:

$$M = K \cdot \sigma \quad (1)$$

де σ – кількість спалюваного палива, кг;

K – коефіцієнт, який враховує викиди (приймається за таблицею 1).

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів K для визначення кількості шкідливих речовин при спалюванні 1 кг палива/The coefficients K to determine the amount harmful substances when burning 1 kg fuel

| Тип двигуна | Значення K | | |
|---------------|--------------|------|-----------------|
| | CO | CH | NO ₂ |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Карбюраторний | 0,6 | 0,1 | 0,04 |
| Дизельний | 0,1 | 0,03 | 0,04 |

Витрати палива σ ; кг, всіма машинами, які знаходяться на ділянці довжиною l будуть:

$$\sigma = \frac{l \cdot n \cdot q \cdot \rho}{6000} \quad (2)$$

де l – довжина заданої частини магістралі, м;

n – число машин, які пройшли через контрольний пункт на цій частині магістралі в обидві сторони за 1 хв;

q – середня кількість палива, спалюваного однією машиною на 100 км пробігу (приймається за таблицею 2).

Знаючи загальну кількість спалюваного всіма машинами палива на заданій ділянці автомагістралі, можна визначити сумарний викид шкідливих речовин за формулою (1).

ρ – питома густина палива, кг/л (визначається за таблицею 3).

Таблиця 2

Витрати палива автотранспортом на 100 км пробігу/Fuel consumption by transport per 100 km

| Група автомобілів | Витрати q на 100 км пробігу | |
|--|-------------------------------|--------------|
| | бензин, л | дизпаливо, л |
| 1 | 2 | 3 |
| Вантажні та спеціальні з бензиновими ДВЗ | 27 | - |
| Вантажні та спеціальні дизельні | - | 33 |
| Легкові службові та спеціальні | 12 | - |

Таблиця 3

Густина речовин/Density substances

| Речовина ($t = 20^\circ\text{C}$) | ρ , г/см ³ (кг/л) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 2 |
| Бензин | 0,7 |
| Дизпаливо | 0,825 |

Розраховуємо аналогічно для дизельних двигунів, застосовуючи відповідні коефіцієнти. Проводимо розрахунок викидів для трьох шкідливих речовин: CO, C_mH_n і NO₂.

Проаналізувавши динаміку викидів забруднюючих речовин можна сказати, що найбільш критичний рівень викиду спостерігається на 1 ділянці – понад 20 г/с, дещо нижчі рівні в межах від 13...15 г/с виявлено на 5 ділянках. Ще нижчими, проте, суттєвими викидами характеризуються 6 ділянок, тут рівень викиду сягає меж 10...12 г/с.

На основі отриманих даних про викиди шкідливих речовин від автотранспорту було проведено розрахунок розсіювання шкідливих речовин в приземному шарі атмосфери. Розрахунок проводився в програмному пакеті ЕОЛ 2000.

Після проведення розрахунків були виведені карти розсіювання, які потім було накладено на фізичну карту з врахуванням масштабу. При розрахунку концентрацій враховувалося і фонове забруднення CO (0,7 ГДК) і NO₂ (1 ГДК), дані якого отримані в щоквартальному звіті по постах спостереження [9].

Таким чином територія району розмежована зонально, де кожній зоні відповідає певний рівень концентрації в долях ГДК. Отримані карти розсіювання концентрацій CO, NO₂ та C_mH_n зазначені на рисунках нижче (рис. 2-4).

Проаналізувавши карти, можна побачити, що перевищення концентрацій CO, C_mH_n та NO₂ в приземному шарі атмосфери спостерігається по всій території району, при чому найбільші рівні забруднення знаходяться в центральній частині району біля завантажених транспортом доріг. А для NO₂ рівні перевищення ГДК сягають критичних значень.

Найбільший відсоток території району 24,66% припадає на концентрації CO, що знаходяться в проміжку 1,96-2,39 ГДК. Їх можна спостерігати переважно в житлових територіях району на достатньо великих відстанях від доріг з великим потоком автомобілів. Найбільший рівень концентрацій понад 4,55 ГДК можна побачити на порівняно малій території,

але під впливом погодних умов ця «хмара» змістилася з доріг на житловий масив в центральній частині Шевченківського району.

Щодо концентрації NO₂ найбільший відсоток території району припадає на концентрації, що знаходяться в проміжку 9,12-11,37 ГДК. Трохи менший відсоток 20,25% знаходиться на рівні концентрацій в межах 11,37-13,61 ГДК. В цілому рівень забруднення достатньо високий по всій території району.

Відносно С_мН_н найбільший відсоток території району припадає 30,39% на концентрації, що знаходяться в проміжку 2,35-2,7 ГДК. Трохи менший відсоток 28,02% знаходиться на рівні концентрацій в межах 2,01-2,35 ГДК. Дані показники займають більше половини площі району та при розрахунку не були враховані фонові концентрації.

Зональне розміщення рівня забруднення атмосферного повітря стало передумовою для розрахунків потенційного ризику для здоров'я населення, що перебуває в досліджуваній території.

Дослідження оцінки ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери розраховувалося за експоненціальною моделлю [6]:

Потенційний ризик здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери визначається по формулі (3)

$$Risk = 1 - \exp(\ln(0,84) \cdot \frac{(C / C_{ГДК})^b}{K_3}) \quad (3)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, який визначається за таблицею 4;

b – коефіцієнт, який дозволяє оцінювати ізофективні ефекти домішок різних класів небезпеки визначається відповідно за табл. 4.

Таблиця 4

Значення коефіцієнтів K_3 і b для речовин різних класів небезпеки/The coefficients K_3 and b for substances various classes danger

| Клас небезпеки забруднюючих речовин | Коефіцієнт запасу K_3 | Коефіцієнт b |
|-------------------------------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 7,5 | 2,35 |
| 2 | 6,0 | 1,28 |
| 3 | 4,5 | 1 |
| 4 | 3,0 | 0,87 |

При аналізі отриманих величин потенційного ризику здоров'ю населення користуються наступної ранговою шкалою (табл. 5).

Результати розрахунків потенційного ризику для здоров'я населення за CO, NO₂ та С_мН_н співставленні з картою забруднення атмосферного повітря та зазначені в таблиці 6 – 8.

Таблиця 5

Залежність ваги ефектів від величини ризику здоров'ю населення/Dependence effects on the size of the risk to public health

| Risk | Клас | Характеристика ризику |
|----------|------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| <0,1 | 1 | незначний вплив на здоров'я населення, рівні мінімального ризику |
| 0,1-0,19 | 2 | слабкий вплив на здоров'я населення, граничні хронічні ефекти |
| 0,2-0,59 | 3 | значний вплив на здоров'я населення, важкі хронічні ефекти |
| 0,6-0,89 | 4 | великий вплив на здоров'я населення, важкі гострі ефекти |
| 0,9-1 | 5 | дуже великий вплив на здоров'я населення, смертельні ефекти |

Таблиця 6

Результати розрахунку потенційного ризику для здоров'я населення від викиду CO / Results calculating the potential risk for the population's health from the emission of CO

| № зони забруднення | Risk | Критерій ризику |
|--------------------|-------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 0,287 | значний вплив на здоров'я населення, важкі хронічні ефекти |
| 2 | 0,267 | |
| 3 | 0,247 | |
| 4 | 0,223 | |
| 5 | 0,2 | |
| 6 | 0,176 | слабкий вплив на здоров'я населення, граничні хронічні ефекти |
| 7 | 0,15 | |
| 8 | 0,122 | |
| 9 | 0,093 | незначний вплив на здоров'я населення, рівні мінімального ризику |

Таблиця 7

Результати розрахунку потенційного ризику для здоров'я населення від викиду NO₂ / Results calculating the potential risk for the population's health from the emission of NO₂

| № зони забруднення | Risk | Критерій ризику |
|--------------------|-------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 0,812 | великий вплив на здоров'я населення, важкі гострі ефекти |
| 2 | 0,775 | |
| 3 | 0,729 | |
| 4 | 0,674 | |
| 5 | 0,608 | |
| 6 | 0,528 | значний вплив на здоров'я населення, важкі хронічні ефекти |
| 7 | 0,432 | |
| 8 | 0,317 | |
| 9 | 0,179 | слабкий вплив на здоров'я населення, граничні хронічні ефекти |

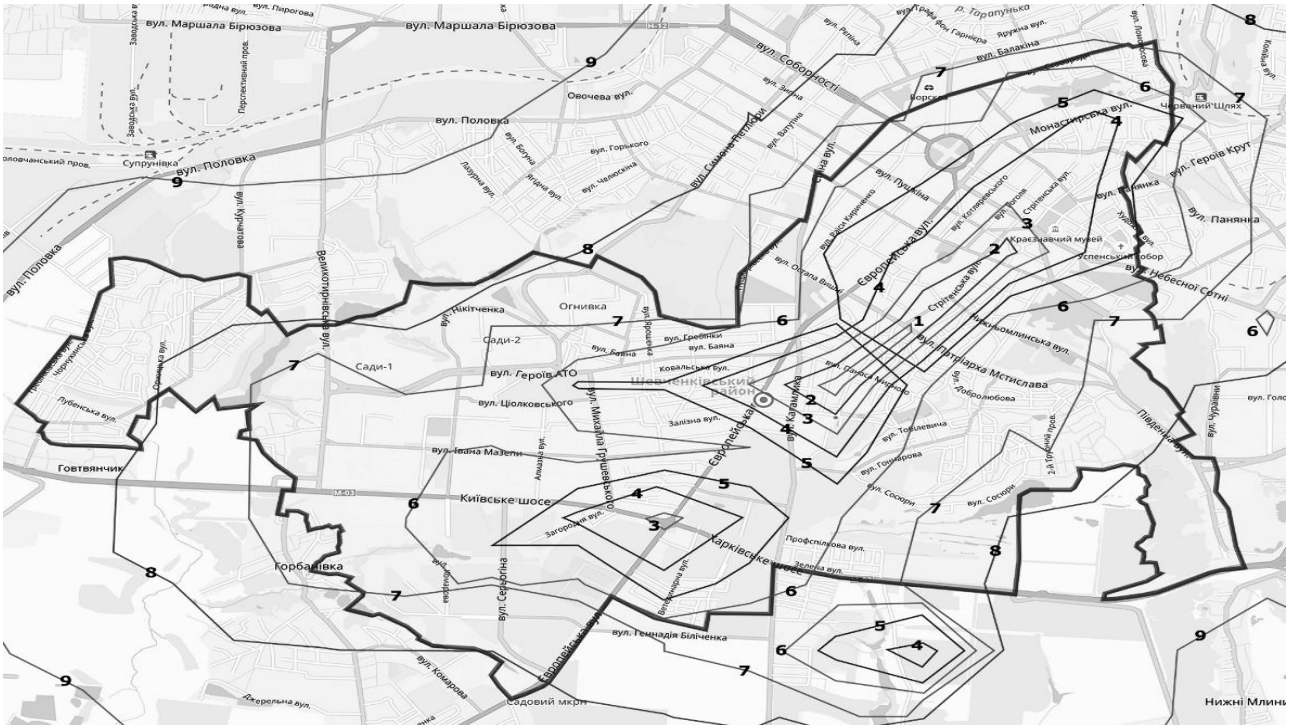


Рис. 2. Карта розсіювання викидів CO від автотранспорту (рівень потенційного ризику для здоров'я людей): 1 – 4, 55 ГДК (Risk – 0,287); 2 – 4,12 ГДК (Risk – 0,267); 3 – 3,69 ГДК (Risk – 0,247); 4 – 3,25 ГДК (Risk – 0,223); 5 – 2,82 ГДК (Risk – 0,2); 6 – 2,39 ГДК (Risk – 0,176); 7 – 4,12 ГДК (Risk – 0,15); 8 – 3,69 ГДК (Risk – 0,122); 9 – 3,25 ГДК (Risk – 0,093) / Dispersion map of CO emissions from motor vehicles (level potential risk for human health): 1 – 4, 55 MAC (Risk – 0,287); 2 – 4,12 MAC (Risk – 0,267); 3 – 3,69 MAC (Risk – 0,247); 4 – 3,25 MAC (Risk – 0,223); 5 – 2,82 MAC (Risk – 0,2); 6 – 2,39 MAC (Risk – 0,176); 7 – 4,12 MAC (Risk – 0,15); 8 – 3,69 MAC (Risk – 0,122); 9 – 3,25 MAC (Risk – 0,093)



Рис. 3. Карта розсіювання викидів NO₂ від автотранспорту (рівень потенційного ризику для здоров'я людей): 1 – 20,34 ГДК (Risk – 0,812); 2 – 18,1 ГДК (Risk – 0,775); 3 – 15,85 ГДК (Risk – 0,729); 4 – 13,61 ГДК (Risk – 0,674); 5 – 11,37 ГДК (Risk – 0,608); 6 – 9,12 ГДК (Risk – 0,528); 7 – 6,88 ГДК (Risk – 0,432); 8 – 4,63 ГДК (Risk – 0,317); 9 – 2,39 ГДК (Risk – 0,179) / Dispersion map of NO₂ emissions from motor vehicles (level potential risk for human health): 1 – 20,34 MAC (Risk – 0,812); 2 – 18,1 MAC (Risk – 0,775); 3 – 15,85 MAC (Risk – 0,729); 4 – 13,61 MAC (Risk – 0,674); 5 – 11,37 MAC (Risk – 0,608); 6 – 9,12 MAC (Risk – 0,528); 7 – 6,88 MAC (Risk – 0,432); 8 – 4,63 MAC (Risk – 0,317); 9 – 2,39 MAC (Risk – 0,179)

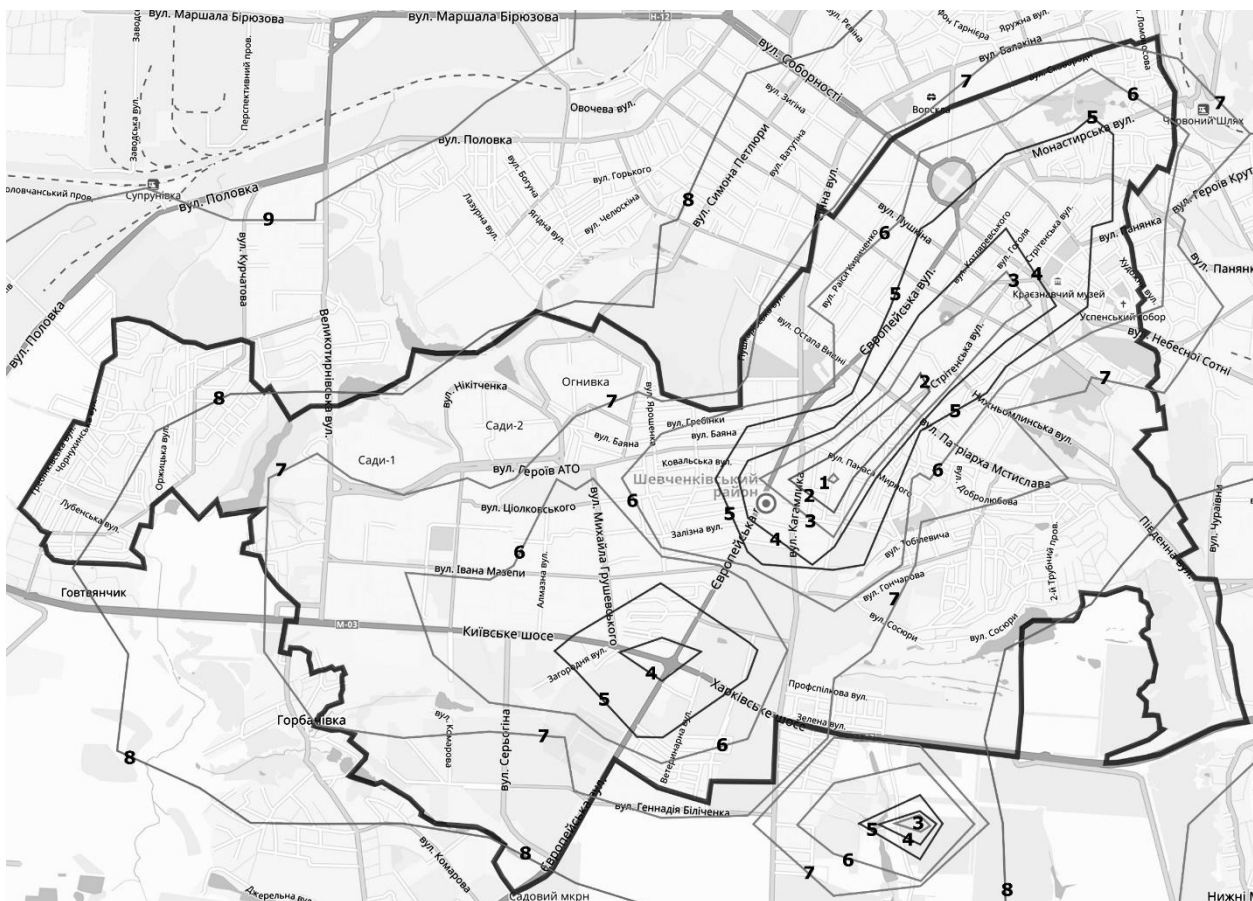


Рис. 4. Карта розсіювання викидів C_mH_n від автотранспорту (рівень потенційного ризику для здоров'я людей): 1 – 4,08 ГДК (Risk – 0,179); 2 – 3,73 ГДК (Risk – 0,167); 3 – 3,39 ГДК (Risk – 0,155); 4 – 3,04 ГДК (Risk – 0,142); 5 – 2,7 ГДК (Risk – 0,129); 6 – 2,35 ГДК (Risk – 0,115); 7 – 2,01 ГДК (Risk – 0,101); 8 – 1,66 ГДК (Risk – 0,086); 9 – 1,32 ГДК (Risk – 0,071) / Dispersion map of C_mH_n emissions from motor vehicles (level potential risk for human health): 1 – 4,08 MAC (Risk – 0,179); 2 – 3,73 MAC (Risk – 0,167); 3 – 3,39 MAC (Risk – 0,155); 4 – 3,04 MAC (Risk – 0,142); 5 – 2,7 MAC (Risk – 0,129); 6 – 2,35 MAC (Risk – 0,115); 7 – 2,01 MAC (Risk – 0,101); 8 – 1,66 MAC (Risk – 0,086); 9 – 1,32 MAC (Risk – 0,071)

Таблиця 8

Результати розрахунку потенційного ризику для здоров'я населення від викиду C_mH_n / Results calculating the potential risk for the population's health from the emission of C_mH_n

| зони забрудненні | Risk | Критерій ризику |
|------------------|-------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 0,179 | слабкий вплив на здоров'я населення, граничні хронічні ефекти |
| 2 | 0,167 | |
| 3 | 0,155 | |
| 4 | 0,142 | |
| 5 | 0,129 | |
| 6 | 0,115 | незначний вплив на здоров'я населення, рівні мінімального ризику |
| 7 | 0,101 | |
| 8 | 0,086 | |
| 9 | 0,071 | |

На етапі характеристики ризику проводилась оцінка комбінованої чи комплексної дії негативних чинників. Під комбінованою дією розуміється вплив декількох домішок, що надходять через один з компо-

нентів навколишнього середовища (повітря, вода і т.д.). Комплексна дія – це вплив однієї чи декількох домішок, оцінюване через кілька факторів навколишнього середовища (повітря, вода чи ін.).

Для оцінки комбінованої та комплексної дії використовують метод оцінки за правилом множення імовірностей, де як множник виступають не величини ризику здоров'ю, а значення, що характеризують імовірність його відсутності [7]:

$$Risk_{сум} = 1 - (1 - Risk_1) \cdot (1 - Risk_2) \dots (1 - Risk_n) \quad (4)$$

де $Risk_{сум}$ – потенційний ризик комбінованого чи комплексного впливу домішок;

$Risk_1 \dots Risk_n$ – потенційний ризик впливу кожної окремої домішки.

Рівні ризику також було прив'язано до кількості населення, що в середньому проживає в відповідних зонах. Кількість людей, що піддаються негативному впливу була визначена шляхом визначення щільності населення на одиницю площі території, яка потім перемножувалась з територією, яка припадає на від-

повідний рівень навантаження. Результати розрахунків наведені в таблиці 9.

Таблиця 9

Сумарний ризик для здоров'я населення від викидів автотранспорту та кількість людей, що йому піддаються / The summary risk to public health of motor vehicle emissions and the number people exposed to it

| № зони забруднення | Кількість проживаючого населення, тис. осіб | Risk _{сум} |
|--------------------|---|---------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 0,26 | 0,89 |
| 2 | 1,47 | 0,86 |
| 3 | 3,64 | 0,83 |
| 4 | 14,26 | 0,78 |
| 5 | 24,03 | 0,73 |
| 6 | 35,76 | 0,66 |
| 7 | 34,41 | 0,57 |
| 8 | 24,67 | 0,45 |
| 9 | 9,09 | 0,31 |

Отже, можна побачити, що найбільша кількість населення перебуває в зоні ризику, який має великий вплив на здоров'я населення, важкі гострі ефекти.

Проаналізувавши вищенаведені результати можна сказати, що автомобільний транспорт має великий вплив на атмосферне повітря Шевченківського району міста Полтава. Як по рівню концентрацій шкідливих речовин так і по рівню ризику. Тому виникає необхідність розробити заходи по мінімізації негативного впливу.

Вибір управлінських рішень передбачає обґрунтування типових рішень, пов'язаних з зменшенням впливу транспорту на здоров'я населення.

Основними заходами щодо запобігання та зменшення шкідливого впливу автомобілів на навколишнє середовище слід вважати:

1) удосконалення екологічної нормативно-правової бази, впровадження екологічних програм, удосконалення системи моніторингу викидів саме від автотранспорту;

2) припинення шкідливого впливу транспортних викидів на населення шляхом вдосконалення планування міських зон з урахуванням дорожньо-транспортної та промислової інфраструктури, раціонального землекористування, збереження природних ландшафтів;

3) зниження інтенсивності транспортних потоків шляхом виведення найбільш завантажених доріг за межі міста та організації об'їздних транзитних шляхів з метою перерозподілу навантаження на повітряне середовище;

4) озеленення території міста (особливо житлових зон та біля доріг) з метою затримання і очищення повітря від пилу та газоподібних викидів автотранспорту;

5) використання засобів і методів організації та регулювання руху, що забезпечують оптимальні режими руху та характеристики транспортних потоків, скорочення зупинок біля світлофорів, числа перемикання передач і часу роботи двигунів на несталіх режимах;

6) розробка технічних заходів щодо зменшення шкідливих транспортних викидів (модернізація двигунів автомобілів, присадок до традиційних видів палива, зміна покриттів доріг тощо);

7) використання екологічно чистих видів палива та автомобілів з альтернативними джерелами живлення.

Схема прийняття управлінських рішень при різних рівнях ризику впливу викидів автотранспорту на здоров'я населення міста наведено у таблиці 10

Таблиця 10

Схема управління ризиками при впливі викидів автотранспорту / Risk Management Scheme under the influence emissions from motor vehicles

| Клас | Величина ризику | Оцінка ризику | Управлінські рішення |
|------|---|--|---|
| 1 | До 10% (або до 0,1 в частках одиниці) | Незначний вплив на здоров'я населення | Запровадження та створення умов для реалізації моніторингу викидів ЗР від автотранспорту |
| 2 | Від 10% до 19% (або 0,1 - 0,19 в частках од.) | Слабкий вплив на здоров'я населення | «Зелена» екранування транспортних магістралей, доріг і зон житлової забудови, розширена програма моніторингу, контроль за якістю пального, що постачається і реалізується автозаправними станціями, його відповідність державним стандартам, а також заборона реалізації АЗС в області етильованого бензину |
| 3 | Від 20% до 59% (або 0,2 - 0,59 в частках од.) | Значний вплив на здоров'я населення | Застосування сучасніших засобів і методів організації руху (АІСУДР, «зелена хвиля»), оновлення дорожнього покриття, застосування альтернативних палив та присадок до традиційних видів палива, оптимізація конструкції та роботи ДВЗ, системи форсунок |
| 4 | Від 60% до 89% (або 0,6 - 0,89 в частках од.) | Великий вплив на здоров'я населення | Будівництво об'їзних доріг для транзитного автотранспорту та впорядкування схеми міського транспорту з метою зменшення навантаження на транспортні магістралі міст, забезпечення громадського транспортного зв'язку в містах виключно за допомогою електротранспорту. |
| 5 | Близький до 100% (0,9 - 1 в частках од.) | Катастрофічний вплив на здоров'я населення | Перегляд містобудівної проектної документації, що обґрунтовує розміри санітарних розривів/СЗЗ, переселення населення |

Висновки

В результате досліджень нами були виявлені рівні забруднення території Шевченківського району міста Полтава та визначені ризики для здоров'я населення. Розрахунки показали, що перевищення ГДК по CO , C_mH_n та NO_2 спостерігається по всій території району. При чому, основний внесок мають концентрації

діоксиду азоту. Відповідно, таку ж ситуацію можна спостерігати і в рівні ризику, який переважною більшістю характеризується великим впливом на здоров'я населення. Запропоновано ряд заходів по мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та на здоров'я людини. Що перебуває в тій чи іншій зоні ризику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васькін Р.А. Аналіз динаміки забруднення атмосферного повітря України викидами автотранспорту / Р.А. Васькін, І.В. Васькіна // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – 2009. – Вип. 5 (58), Ч. 1. – С. 109-112.
2. Васькіна І.В. Аналіз впливу автотранспортних засобів на навколишнє середовище в селітебних зонах міст/ І.В. Васькіна // Екологічна безпека. – Кременчук:КрНУ, 2009. – Вип. №8.- с. 16-19.
3. Голік Ю.С. Екологія міста Полтава. Аналіз виконання комплексної програми охорони навколишнього середовища м. Полтави на 2001-2005 роки «Екологія 2005»/ Ю.С. Голік, О.Е. Ілляш, А.Д. Локошко, С.Е. Сердечний, М.В. Асаул, Н.П. Соколова та ін. // Екологічна бібліотека Полтавщини. Випуск 2. – Полтава: «Полтавський літератор», 2005. – 186 с.
4. Гутаревич Ю.Ф. Екологія автомобільного транспорту: навч. посіб. / Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А. Г., Корпач А. О. // Національна транспортна академія. — К. : Основа, 2002. — 312с.;
5. Дядченко О.В. Оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря на міських магістралях від автомобільного транспорту з урахуванням організації руху / О.В. Дядченко, Л.О. Коваленко // Вісник ХНАДУ, Збірник наукових праць. – 2008. – Вип. 43 – с. 16-19.
6. «Оценка риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух» // Министерство здравоохранения республики Беларусь – Режим доступа: <http://med.by/methods/pdf/2.1.6.11-9-29-2004.pdf> – Название с экрана. – Проверено: 9.09.2018.
7. Караєва Н.В. Методологічні аспекти та програмні засоби оцінки ризику здоров'ю населення при несприятливому впливі факторів навколишнього середовища / Н.В. Караєва // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПолтНТУ – 2018. – №1(47).- с. 164-169.
8. Мироненко С.Г. Екологія міста Полтави: якість атмосферного повітря / С.Г. Мироненко // Вісник проблем біології і медицини. – Полтава: УМСА, 2014. – №. 3, Том 1. – с. 222-225.
9. Огляд стану довкілля Полтавської області // Полтавська обласна державна адміністрація. Департамент екології та природних ресурсів. – Режим доступу: <http://www.eco-poltava.gov.ua/>. – Назва з екрана. – Перевірено: 9.09.2018.
10. Павлова Е.И. Экология транспорта: учебник для вузов / Е.И. Павлова. – М.: Транспорт, 2000. - 248с.
11. Природоохоронні технології: навчальний посібник. Ч.І: Захист атмосфери / Северин Л.І., Петрук В.Г., Безвозюк І.І., Васильківський І.В. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 363 с.
12. Торонченко О.М. Вплив забруднення атмосфери на розвиток хвороб органів дихання в Полтавській області / О.М. Торонченко, І.І. Сараненко, В.В. Рома // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2012. – № 3-4 – С. 128-136.
13. Blair A. Agricultural exposures and cancer / A. Blair, S. H. Zahm // Environmental Health Perspectives. – 1995. – Vol. 103, suppl. 8. – P. 205-208.

REFERENCES

1. Vaskin R.A. and Vaskina I.V. *Analiz dynamiky zabrudnennia atmosferneho povitria Ukrainy vykydamy avtotransportu* [Dynamics analysis atmospheric air pollution in Ukraine by motor vehicle emissions], Visnyk Kremenchutskoho derzhavnoho politekhnichnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrogradskoho. 2009, Vol. 5 (58),Part 1, pp. 109-112. (in Ukrainian).
2. Vaskina I.V. *Analiz vplyvu avtotransportnykh zasobiv na navkolyshnie seredovyshche v selitebnykh zonakh mist* [Influence analysis motor vehicles on the environment in residential areas of cities]. Ekolohichna bezpeka [Ecological safety]. 2009, no. 8, pp. 16-19. (in Ukrainian).
3. Holik Yu.S., Illiash O.E., Lokoshko A.D., Serdechnyi S.E., Asaul M.V, Sokolova N.P. and other *Ekolohiia mista Poltavay. Analiz vykonannia kompleksnoi prohramy okhorony navkolyshnoho seredovyshcha mista Poltavy na 2001-2005 roky «Ekolohiia 2005»* [Ecology Poltava city. Implementation analysis complex environmental protection program of Poltava in 2001-2005 "Ecology 2005"]. Ekolohichna biblioteka Poltavshchyny [Ecological library Poltava region]. Poltava: "Poltavskiy literator", Vol. 2, 2005, 186 p. (in Ukrainian).
4. Hutarevych Yu.F., Zerkalov D.V, Hovorun A.H. and Korpach A.O. *Ekolohiia avtomobilnoho transportu* [Motor transport ecology]. Natsionalna transportna akademiia [National Transport Academy]. K. : Osнова, 2002, 312 p. (in Ukrainian).
5. Diadchenko O.V. and Kovalenko L.O. *Otsinka stupenia zabrudnennia atmosferneho povitria na miskykh mahistraliakh vid avtomobilnoho transportu z urakhuvanniam orhanizatsii rukhu* [Degree estimation air pollution at the city highways from road transport taking into account the organization of the movement]. Visnyk KhNADU. 2008, Vol. 43, pp. 16-19. (in Ukrainian).
6. "Otsenka riska zdorovya naseleniya ot vozdeistviya khimicheskikh veshchestv, zahryaznyayushchikh atmosferniy vozdukh" ["Assessment of the risk to public health from exposure to chemicals that pollute the air"]. *Ministerstvo zdravookhraneniya reпублиky Belarus* [Health ministry Republic of Belarus] Available at: <http://med.by/methods/pdf/2.1.6.11-9-29-2004.pdf>. (in Russian).
7. Karaeva N.V. *Metodolohichni aspekty ta prohramni zasoby otsinky ryzyku zdoroviu naselennia pry nespriyatlyvomu vplyvi faktoriv navkolyshnoho seredovyshcha*[Methodological aspects and software tools population health risk assessment under non-comprehensive factors influence of the environment].Poltava:PolntNU, 2018, pp. 164-169. (in Ukrainian).

8. Myronenko S.H. *Ekolohiia mista Poltavy: yakist atmosfernoho povitria* [Ecology Poltava city: the quality atmospheric air]. Poltava:UMSA, 2014, pp. 222-225. (in Ukrainian).
9. *Ohliad stanu dovkillia Poltavskoi oblasti* [Review the environment Poltava region] // *Poltavska oblasna derzhavna administratsiia* [Poltava Regional State Administration]. *Departament ekolohii ta pryrodnykh resursiv* [Department of Ecology and Natural Resources]. Available at: <http://www.eco-poltava.gov.ua/> .(in Ukrainian).
10. Pavlova E.Y. *Ekolohiya transporta: uchebnyk dlia vuzov*[Transport ecology]. M.: Transport, 2000, 248 p.(in Russian).
11. Severyn L.I., Petruk V.H., Bezvozyuk I.I. and Vasylkivskyi I.V. *Pryrodokhoronni tekhnologii. Ch.I.: Zakhyst atmosfery* [Environmental technology. Part I: Atmosphere protection] Vinnytsya: VNTU, 2010, 363 p. (in Ukrainian).
12. Toronchenko O.M., Saranenko I.I. and Roma V.V. *Vplyv zabrudnennya atmosfery na rozvytok khvorob organiv dykhannya v Poltavskiy oblasti* [Influence atmospheric pollution on the development respiratory diseases in the Poltava region]. *Lyudyna ta dovkillia. Problemy neokolohii* [Man and the environment. Neocology problems]. 2012, no. 3-4, pp. 128-136. (in Ukrainian).
13. Blair A. and Zahm S. H. *Agricultural exposures and cancer*. *Environmental Health Perspectives*, 1995, vol. 103, suppl. 8, pp. 205-208.

Надійшла до редколегії 26.09.2018 р.