

УДК 502/504

doi:10.20998/2413-4295.2017.32.15

## КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ГЕОХІМІЧНОГО СТАНУ ПРИДОРОЖНІХ ТЕРИТОРІЙ ВЕЛИКОГО МІСТА

**О. О. БОРИСОВ, О. В. КОФАНОВА**

*Кафедра інженерної екології, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, УКРАЇНА  
email: alexina555@gmail.com*

**АНОТАЦІЯ** Проаналізовано вплив шкідливих домішок в атмосферному повітрі великих міст на здоров'я людей, визначено внесок автотранспорту у забруднення навколишнього міського середовища та у зміни клімату на планеті. Зроблено висновок щодо необхідності комплексного геоecологічного аналізу стану міських територій та зелених насаджень, розташованих поблизу доріг і автомагістралей. Проведена оцінка кислотно-сольового забруднення атмосферних опадів та придорожніх ґрунтів у м. Києві. Встановлено кореляційні залежності між кислотним та сольовим забрудненням придорожньої території великого міста, досліджено сезонну динаміку забруднень. Встановлено, що використання протиожеледних засобів узимку суттєво впливає на якість ґрунтів та, як наслідок, на стан та розвиток зелених насаджень. Розраховано комплексний показник геохімічного забруднення досліджуваних територій.

**Ключові слова:** екологічна безпека; забруднення атмосферного повітря; автотранспортне забруднення; геохімічний стан; кислотно-сольове забруднення ґрунтів; зелені насадження.

## COMPLEX ANALYSIS OF THE GEOCHEMICAL STATE OF THE CITY ROADSIDE AREAS

**O. O. BORYSOV, O. V. KOFANOVA**

*Environmental Engineering Department, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, UKRAINE*

**ABSTRACT** Actuality of the work is determined by the growing anthropogenic pressure on the environment of the urban areas and by the increase of the health problems of the urban population. The aim of the scientific investigation was to analyze and comprehensively estimate the geoecological state of the roadside urban territories, identify the main pollutants and their sources of formation, as well as the factors that have the greatest impact on the distribution of harmful substances and on the degree of the pollution of the territories. Data processing was performed with the help of the statistical methods using Microsoft Office Excel and SPSS Statistics software. Calculations of mean values, measurement errors, two-factor regression analysis, as well as charts and histograms were made with the help of the Microsoft Office Excel. In the article, the influence of the harmful pollutants in the air of the cities on the human health was analyzed; the contribution of the motor transport to the contamination of the urban environment and climate change was determined. The conclusion about the necessity of the complex geoecological analysis of the state of the urban territories and green spaces located near roads and highways was made. Estimation of the acid and salt contamination of the atmospheric precipitation and roadside soils in Kyiv was performed. Correlation dependencies between acid and salt contamination of the roadside areas of the city were found; seasonal dynamics of the pollution was investigated. It was determined that the use of the deicing agents in winter significantly affects the quality of soils and, consequently, affects the state and development of green spaces. The complex index of the geochemical pollution of the studied territories was calculated.

**Key words:** environmental safety; air pollution; automobile pollution; geochemical state; acid and salt contamination of soils; green spaces.

### Вступ

Наявність великої кількості стаціонарних і пересувних джерел викидів забруднюючих речовин (ЗР) на високоурбанізованих територіях призводять до збільшення вмісту шкідливих речовин (ШР) у атмосферному повітрі, педосфері та гідросфері, що не може не відбиватися на здоров'ї людей. Окрім того, проблема забруднення довкілля посилюється через різке зростання чисельності приватного автотранспорту, в тому числі застарілих автомобілів і мікроавтобусів, збільшення кількості одиниць маршрутних таксі у великих містах, а також унаслідок достатньо слабкої природної вентиляції у так званих

вуличних каньйонах міської забудови, автомобільні затори та ін. І навіть після суттєвого скорочення викидів ЗР від стаціонарних джерел унаслідок закриття великих підприємств, поліпшення ситуації у великих містах України здебільшого не відбулося.

### Актуальність проблеми

Забруднюючі речовини це домішки розсіяних в атмосферному повітрі речовин, що не входять до постійного складу атмосфери і можуть чинити негативний вплив на довкілля і здоров'я людей [1]. Особливо небезпечними для майбутнього нашої планети вважаються парникові гази, що здатні

поглинати та випромінювати радіацію у тому самому інфрачервоному діапазоні, що й поверхня Землі, її атмосфера, хмари тощо. Серед інших домішок атмосферного повітря шкідливий вплив чинять частинки пилу, різноманітні аерозолі, вуглеводні  $C_xH_y$ , у тому числі й поліциклічні (поліароматичні – ПАВ), чадний газ – оксид Карбону (II) CO, оксиди Сульфуру та Нітрогену. До специфічних ЗР належать амоніак, бенз(а)пірен, гідроген сульфід, карбон(IV) сульфід, галогени (зокрема хлор та фтор) та їх сполуки, а також меркаптани, діоксини, формальдегід, акролеїн та ін. [2].

Дуже небезпечними є тверді частинки (ТЧ, англ. РМ) – складна суміш органічних і неорганічних (мінеральних) домішок, що містяться в атмосферному повітрі у зваженому стані. Серед них найбільш небезпечними є частинки умовним діаметром 10 або менше мікрон, які здатні адсорбувати на поверхні інші ШР та, глибоко проникаючи у легені, осаджуватися і залишатися там на тривалий час, спричинюючи ризик розвитку серцево-судинних і респіраторних захворювань, а також онкологічні захворювання, зокрема рак легень.

До основних компонентів ТЧ належать твердий вуглець (сажа), продукти зношування дорожнього покриття та автомобільних шин, оксиди металів, а також азбестовмісні частинки речовин, що застосовуються, наприклад, при виробництві гальмівних колодок, дисків зчеплення та ін. [3; 4]. Зокрема, у відпрацьованих газах дизельних автомобілів розміри частинок сажі, що викидаються в атмосферу, становлять 0,3–100 мкм [5]. Отже, у зоні впливу автомагістралі при контакті типу "дорога – автотранспортний засіб" (АТЗ) містяться великі обсяги ТЧ різної природи, походження і структури [6; 7]. За оцінками фахівців, для автодороги категорії II, де інтенсивність транспортного потоку більше 2 000 авт./год., обсяги утворення мінерального пилу становлять 9–14 кг/(год·км), а гумової крихти – 0,2–0,8 кг/(год·км) [3]. Ці показники великою мірою залежать від якості та стану дорожнього покриття, конструкції шин, складу гуми, терміну експлуатації та технічного стану АТЗ, швидкості руху і щільності транспортних потоків на вулицях міста, температури шини, кліматичних умов (температура повітря, вологість, наявність та характер опадів) та ін.

### Постановка проблеми і аналіз попередніх досліджень

Встановлено, що у великих містах ступінь антропогенних змін геосистем варіюється від мало змінених до техногенних, повністю змінених людиною. Кожна з таких зон має свій рельєф, природні й кліматичні особливості, біоту, певний рівень антропогенного навантаження, транспортні мережі та ін. [8]. Як зазначалось, на геоecологічний стан прилеглих до доріг і автомагістралей територій впливають кількісні характеристики транспортних

потоків, якість і стан дорожнього покриття, вид та якість моторного палива, наявність/відсутність транспортних розв'язок, підземних переходів, перетинів, що обладнані світлофорами, щільність і етажність міської забудови, а також наявність і стан зелених насаджень.

Викиди ЗР від пересувних джерел відбуваються практично на рівні землі, а зона максимального впливу знаходиться на висоті приблизно до 2–3-х м, яка є співрозмірною з ростом людини. Тому вважається, що забруднення атмосферного повітря і педосфери на високоурбанізованих територіях обумовлене саме рухом автотранспортних потоків [9]. Якщо врахувати, що більшість вулиць у великому місті належать до так званого вуличного каньйону, де відбувається специфічний рух повітряних мас, то рівень забрудненості атмосферного повітря і педосфери певними забруднювачами на окремих ділянках придорожньої території (зокрема, з підвітряного боку) може бути набагато більшим, ніж, наприклад, з навітряного боку забудови або порівняно з середніми значеннями концентрацій ЗР [10].

Спостереження показали, що у будинках, розташованих поблизу автомагістралей (на відстані до 10 м), мешканці хворіють на онкологічні захворювання в 3–4 рази частіше, ніж у будинках, віддалених від дороги на відстань більше 50 м [11]. Американськими вченими доведено, що кожні 100 м близькості до дороги підвищують вірогідність смертності від раптової зупинки серця на 6 %, особливо у жінок [12; 13].

Разом з пилом ЗР здатні мігрувати на великі відстані, спричинюючи подальше забруднення селітебних територій і природних ландшафтів. При цьому, особливо шкідливими є оксиди Сульфуру й Нітрогену, а також сполуки важких металів, формальдегід і циклічні вуглеводні. Не можна ігнорувати також здатність живих організмів до біоаккумуляції ШР і можливість їх перенесення на незабруднені раніше території. Як показує практика екологічного моніторингу, через можливі у навколишньому середовищі перетворення токсичність первинних забруднювачів може не тільки спадати, а й різко зростати. Отже, аналіз сезонної динаміки сольового та кислотного забруднення ґрунтів надасть змогу краще зрозуміти масштаби тиску з боку автотранспорту на геоecологічний стан міста, встановити основні "транспортні" полютанти повітряного середовища та педосфери, а також розробити заходи з мінімізації їх шкідливого впливу на здоров'я людини і довкілля [14; 15].

### Мета роботи

Метою роботи є аналіз та комплексне оцінювання геоecологічного стану прилеглих до автомагістралей територій великого міста, виявлення основних забруднювачів та їх джерел утворення, а

також факторів, що найбільшою мірою впливають на розповсюдження ШПР та ступінь забруднення території.

### Викладення основного матеріалу

Рівень забруднення міського атмосферного повітря і педосфери змінюється як протягом доби, так і залежно від інтенсивності антропогенної діяльності, кліматичних, у тому числі й сезонних умов, рельєфу території тощо. Зокрема на геохімічних бар'єрах поряд із напруженими транспортними "артеріями" і автодорогами і особливо поблизу транспортних розв'язок неконтрольовано формуються так звані техногенні аномалії ШПР, які у подальшому спричинюють вторинні забруднення території.

Техногенні аномалії ЗР є потенційно небезпечними не тільки для людини та інших біологічних об'єктів, а й становлять загрозу для репродуктивної функції та здоров'я наступних поколінь, оскільки, за даними фахівців [16], здатні провокувати безпліддя, зростання вірогідності народження дітей з генетичними вадами, призводити до порушень нормального розвитку дітей тощо. Навіть біогенні елементи (наприклад, Купрум) у випадку потрапляння їх до організму людини вище за необхідну для життєдіяльності норму здатні призводити до важких отруєнь і хвороб.

Отже, комплексне дослідження екологічного стану територій, розташованих поряд з автомагістральними шляхами і автотранспортними розв'язками, а також визначення потенційного впливу автотранспортного комплексу (АТК) на педосферу і здоров'я населення є важливими і актуальними завданнями сучасності.

### Обговорення результатів

Будь-яке велике місто має розгалужену транспортну мережу, тому влітку асфальтове і бетонне покриття доріг і тротуарів сильно прогрівається; надлишкове тепло передається і АТЗ, і атмосферному повітрю, і зеленим насадженням поблизу автодоріг. При цьому гарячі вихлопні гази автомобілів піднімаються вгору і розповсюджуються на досить великі відстані. Зокрема у роботі [10] показано шляхи розповсюдження повітряних потоків і газоподібних домішок від АТЗ, що рухаються у потоці на регульованій ділянці автомагістралі. Авторами роботи [17] доведено, що на динаміку концентрацій домішок ШПР у приземному шарі повітря і у педосфері великою мірою впливають характеристики вітрового режиму, а також умови їх вимивання атмосферними опадами. Зокрема встановлено, що швидкість вітру 0–1 м/с є небезпечною при розсіюванні домішок, зумовлених дією низьких джерел викидів (зокрема, автомобільним транспортом), а швидкість вітру 3–6 м/с становить небезпеку при розсіюванні

домішок, зумовлених викидами промислових підприємств з високими трубами.

Під час вивчення рівня забруднення навколишнього середовища, зокрема атмосферного повітря та педосфери, важливо дослідити реакцію біологічних об'єктів на певні концентрації ЗР. Такі дані, як правило, отримують на державному рівні за допомогою системи біоекологічного моніторингу. Зокрема у великому місті зелені насадження, особливо ті, що розташовані поряд з напруженими автомагістралями, виконують роль так званого зеленого бар'єра, фільтра або біологічного "захисника" від надмірного забруднення ШПР. Влітку вони сприяють зниженню температури повітря в місті на 4–6 °С та збільшенню його вологості на 10–15 %. Наприклад, окремо стояче дерево випаровує приблизно 378 л води на добу, а це означає, що охолодження, що супроводжує випаровування такої кількості води, еквівалентно результату роботи 5-ти побутових кондиціонерів упродовж 20 годин [1].

Дерева, кущі, трав'янистий покрив тощо не тільки здатні поглинати ШПР з повітряного середовища, а й осаджують їх на листі (зокрема ТЧ, аерозолі тощо). Смуга деревно-чагарникових насаджень шириною 10–14 м знижує концентрацію вуглекислого газу на 40–45 %, а рівень звуку на 2–8 дБ [18]. Проте не всі рослини здатні однаково витримувати забруднення довкілля ШПР. Наприклад, ялина і сосна є дуже чутливими до шкідливої дії токсикантів, а трав'янисті рослини та чагарники, як правило, виявляються більш стійкими, ніж деревні породи. Найбільш газостійкими є рослини з родини вербових та жимолостевих.

Однак повноцінно функціонувати як санітарно-гігієнічні складові урбанізованих територій рослини можуть тільки за умови нормального розвитку. Термін "газостійкість" характеризує здатність рослин витримувати значні концентрації токсичних газів, зберігаючи при цьому життєздатність і декоративну привабливість, що є дуже важливим під час озеленення міст [1].

У системі озеленення великого міста важливу роль відіграють парки, сквери та інші зелені "островки". Причому на стан, зовнішній вигляд та розвиток зелених насаджень впливають не тільки стан ґрунтового покриву та якість ґрунтових вод, а й забрудненість атмосферного повітря різноманітними поллютантами, кліматичні умови в місті (в тому числі й мікроклімат району) та багато інших факторів (наприклад, кислотність атмосферних опадів). І особливо від надмірного забруднення довкілля страждають рослини, розташовані поблизу автодоріг.

За оцінками фахівців, проникнення ШПР з поверхні ґрунту у глибину становить приблизно 20–50 см, а, отже, достатньо велика частина токсикантів залишається на поверхні педосфери, утворюючи техногенні аномалії, а інша частина з атмосферними опадами мігрує по капілярах ґрунту у глибину, потрапляючи до ґрунтових і поверхневих

вод, у тканини рослин, тварин тощо. У зв'язку з цим нами було досліджено кислотно-сольове забруднення придорожніх територій уздовж проспекту Перемоги (м. Київ). Первинні експериментальні дані, а також методика дослідження і визначення фонових концентрацій забруднювачів наведені у роботі [19]. Статистична обробка даних здійснювалась із використанням програм MS Excel та SPSS Statistics. Розрахунки середніх значень, похибок вимірювань, кореляційно-регресійний аналіз, а також побудову графіків і гістограм виконано у MS Excel.

Відомо, що оптимальний діапазон кислотно-основного балансу середовища для більшості рослин становить 5,0–7,5 одиниць рН. На рис. 1 показано відносну зміну кислотно-основного балансу на досліджуваних ділянках, розташованих уздовж проспекту Перемоги, у порівнянні з фоновими значеннями показника рН. Ліворуч на рисунку позначено відносні показники забруднення в осінньо-зимній період, а праворуч – навесні, після танення снігового покриву.

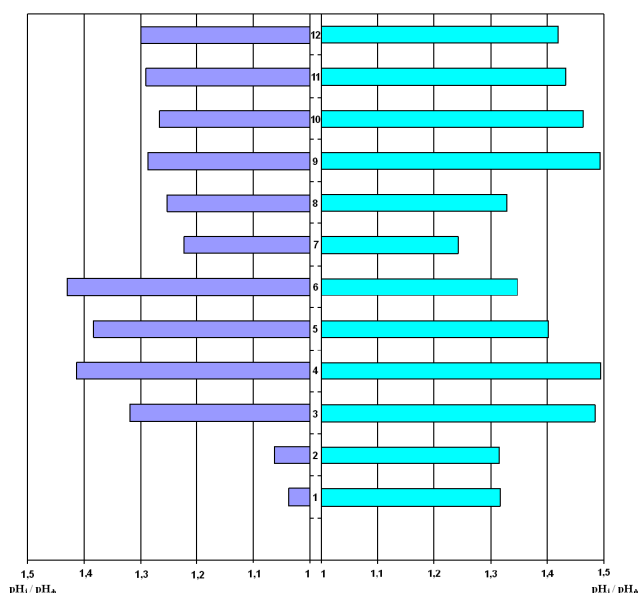


Рис. 1. – Відносна зміна кислотно-основного балансу ( $pH_i/pH_{\phi}$ ) території уздовж проспекту Перемоги (м. Київ) (1–12 – точки спостережень).

Як видно з рис. 1, на певних ділянках придорожньої території (зокрема ділянки 3–6) спостерігається стійкий високий рівень забруднення, причому незалежно від пори року (показники рН ґрунтових витяжок сильно зміщені у бік лужного середовища). Це пояснюється, по-перше, розташуванням цих ділянок ближче до певних промислових об'єктів, а, по-друге, зростанням у цьому напрямку інтенсивності транспортних потоків, наявністю напружених транспортних розв'язок та щільністю міської забудови.

На рис. 2 і 3 подано гістограми кислотного та сольового забруднення досліджуваних придорожніх ділянок в осінньо-зимній та весняний пори року порівняно з фоновими значеннями цих показників. Як можна побачити, ці види забруднень корелюють між собою та демонструють небезпечне перевищення фонових значень, особливо навесні. Майже на всіх досліджуваних територіях, а особливо на ділянках 1,2 та 9–12 навесні кислотне забруднення в 1,3–1,5 рази перевищує показники у осінньо-зимній період, що доводить шкідливість використання в якості протижелезних засобів піщано-сольових сумішей, сумішей хлоридів Натрію NaCl та Кальцію CaCl<sub>2</sub>, а також інших протижелезних реагентів, наприклад, рідкого 28%-го розчину модифікованого хлориду Кальцію CaCl<sub>2</sub>. [20].

Цей висновок підтверджується експериментальними даними по сольовому забрудненню придорожніх територій, яке призводить не тільки до збільшення навесні у ґрунтах і ґрунтових водах вмісту йонів Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, але й до витискування з ґрунтового поглинаючого комплексу таких важливих катіонів, як катіони Кальцію Ca<sup>2+</sup> і Магнію Mg<sup>2+</sup>, що заміщуються на більш рухомий катіон Натрію (рис. 3). Зазначимо, що для характеристики кислотності ґрунтів було застосовано показники рН водних ґрунтових витяжок. Однак через достатньо високу буферність ґрунтів цей показник не завжди дає точні оцінки щодо рівня шкідливого для рослин впливу зміни кислотно-основного балансу середовища. У таких випадках рекомендується використовувати показник потенційної кислотності, який визначається титруванням ґрунтових витяжок, приготованих на 1,0 М розчині хлориду Калію, стандартним розчином луґу [21].

За емпіричними даними кислотного та сольового забруднень, отриманими в роботі [19], було розраховано інтегральний показник кислотно-сольового забруднення ( $K_{\text{к-с.з}}$ ), який визначали для кожної ділянки спостереження окремо в різні періоди року як незважену суму зміни кислотно-основної рівноваги досліджуваної території (за показником  $pH_i/pH_{\phi}$ ) та відносного показника сольового забруднення ґрунту ( $C_{\text{сол.і}}/C_{\text{сол.ф}}$ ). Отримані лінійні залежності  $K_{\text{к-с.з}}$  від сольового забруднення ґрунту досліджуваних придорожніх ділянок (коефіцієнт регресії  $R^2$  в обох випадках становить 0,99) мають наступний вигляд:

- у осінньо-зимній період року (рис. 4):

$$K_{\text{к-с.з}} = 1,0391C_{\text{сол.і}}/C_{\text{сол.ф}} + 0,9616;$$

- у весняний період року (рис. 5):

$$K_{\text{к-с.з}} = 1,0136C_{\text{сол.і}}/C_{\text{сол.ф}} + 1,1399.$$

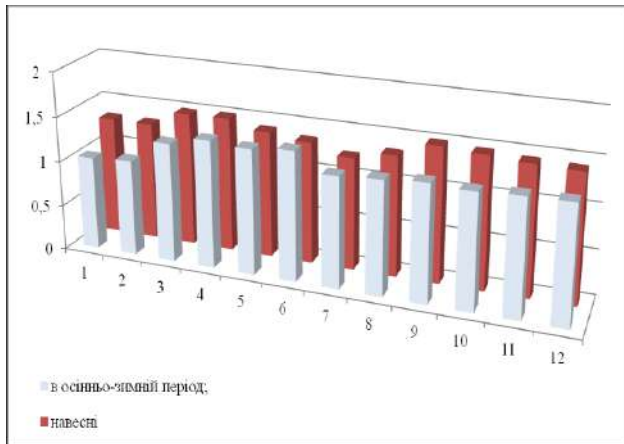


Рис. 2. – Кислотне забруднення досліджуваних придорожніх ділянок,  $rH_i/rH_{\phi}$  (1–12 – точки спостережень).

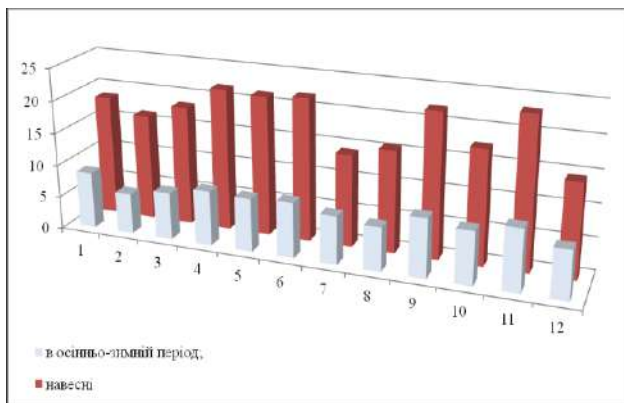


Рис. 3. – Сольове забруднення досліджуваних придорожніх ділянок,  $C_{\text{сол.і}}/C_{\text{сол.ф}}$  (1–12 – точки спостережень).

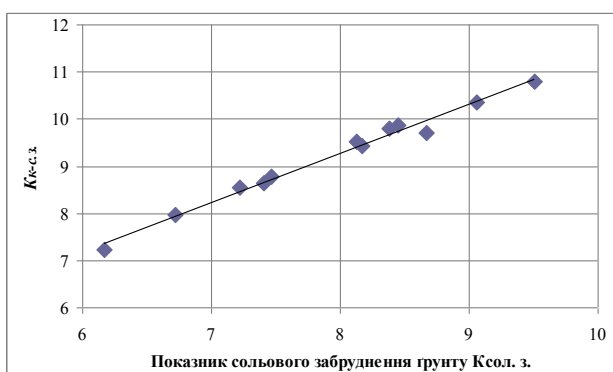


Рис. 4. – Залежності  $K_{\text{к-с.з.}}$  від сольового забруднення ґрунту досліджуваних придорожніх ділянок у осінньо-зимній період року.

Для кислотного забруднення аналогічні залежності також мають лінійний вигляд за винятком тих ділянок, на яких відмічено підвищений рівень кислотного забруднення як у осінньо-зимній період року, так і навесні, після танення снігу.

Отже, отримані рівняння регресії доводять гіпотезу щодо тісної взаємозалежності досліджуваних видів забруднення – кислотного і сольового, особливо у весняний період року.

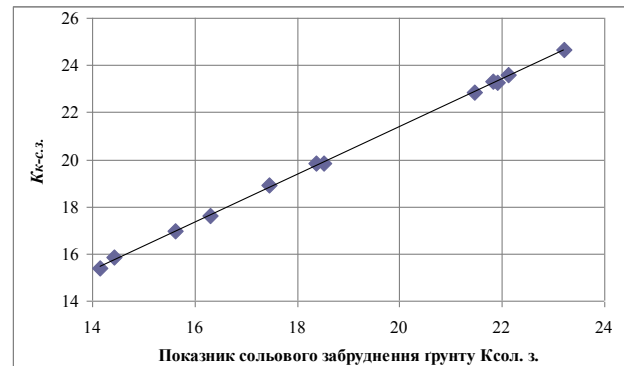


Рис. 5. – Залежності  $K_{\text{к-с.з.}}$  від сольового забруднення ґрунту досліджуваних придорожніх ділянок у весняний період року.

## Висновки

Таким чином, у роботі за показниками рН ґрунтових витяжок та концентраціями в них іонів Хлору на досліджуваних ділянках поблизу напруженої автомагістралі проведена оцінка кислотно-сольового забруднення ґрунтів поблизу напруженої автомагістралі (м.Київ), розраховано інтегральний показник кислотно-сольового забруднення ділянок придорожньої території, досліджено сезонну динаміку забруднень.

Встановлено, що використання взимку протижелезних засобів суттєво впливає на якість ґрунтів (особливо навесні, після танення снігу) та, як наслідок, на стан та розвиток зелених насаджень, а показники кислотного і сольового забруднення корелюють між собою, особливо у весняний період.

## Список літератури

1. Кубышкина, Е. Н. Практикум по геоэкологии и природопользованию: учеб.-метод. материалы / Е. Н. Кубышкина. – Казань: Казанский ун-т, 2014. – 62 с.
2. Кофанова, О. В. Механізми посилення екологічності вітчизняного автотранспорту за рахунок забезпечення його сталого розвитку / О. В. Кофанова, О. Є. Кофанов // *Стратегія розвитку України: економіка, соціологія, право.* – 2015. – № 1. – С. 67–73.
3. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология: учеб. для вузов / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2001. – 273 с.
4. Шелудченко, Л. С. Розроблення конструкцій газопилозахисних лісосмуг автодорожньої мережі / Л.С. Шелудченко. – Кам'янець-Подільський: В-во ПДАТУ, 2015. – 134 с.
5. Бразовский, В. В. Исследование процессов многоступенчатой очистки / В. В. Бразовский // *ЭФТЖ.* – 2008. – т. 3. – С. 26–34.

6. Шелудченко, Л. С. Аналитическое моделирование количества диспергирования минеральных веществ потоком автомобильного транспорта при разрушении автодорожного покрытия / Л. С. Шелудченко, О. В. Овчарук, В. Л. Носко // *Екологічна безпека*. – 2017. – № 1 (23). – С. 58–62.
7. Snieskiene, V. Urban salt contamination impact on tree health and the prevalence of fungi agent in cities of the central Lithuania / Snieskiene V., Balezentiene L., Stankeviciene A. // *Urban forestry & urban greening*. – 2016. – v. 19. – P. 13-19: doi: 10.1016/j.ufug.2016.05.015.
8. Grimm, N. B. Global change and the ecology of cities / N. B. Grimm, S. H. Faeth, N. E. Golubiewski, C. L. Redman, J. Wu, X. Bai, J. M. Briggs // *Science*. – 2008. – v. 319. – P. 756–760. – doi: 10.1126/science.1150195.
9. Соловьева, Е. С. Экологические особенности актиномицетных комплексов городских почв / Соловьева, Е. С. : Дисс. на соискание учен. степени канд биол. наук, 03.02.08 – экология(биология). – Киров, 2014. – 147 с.
10. Пляцук, Л. Д. Моделювання поширення викидів від автотранспорту у селітебних територіях міст / Л. Д. Пляцук, Р. А. Васькін, І. В. Васькіна // *Екологічна безпека*. – 2011. – № 2 (12). – С.36–38.
11. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186–89. – М.: Гидрометеоздат, 1989. – 1084 с.
12. Hart, J. E. Roadway proximity and risk of sudden cardiac death in women. *Circulation* / Hart J. E, Chiuve S.E, Laden F, Albert C.M. // *PubMed PMID*. – 2014. – 130 (17). – P. 1474-1482. – doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.011489.
13. Hart, J. E. Effect modification of long-term air pollution exposures and the risk of incident cardiovascular disease in US women / J. E. Hart, R. C. Puett, K. M. Rexrode, C. M. Albert, F. Laden // *J. of the Amer. Heart Ass.* – 2015. – N 4(12). – pii: e002301. – doi: 10.1161/JAHA.115.002301.
14. Robinson, H. K. Soil as a reservoir for road salt retention leading to its gradual release to groundwater / H. K. Robinson, E. A. Hasenmueller, L. G. Chambers // *Applied Geochemistry*. – 2017. – v. 83. – SI. – P. 72–85. – doi: 10.1016/j.apgeochem.2017.01.018.
15. Kajiyama, Y. Analysis of Influence of Snow Melting Agents and Soil Components on Corrosion of Decorative Chrome Plating / Y. Kajiyama, T. Obata, T. Sugimoto, M. Nakamura, M. Mori // *SAE Intern. J. of materials and manufacturing*. 2016. – v. 9. – N 3. – P. 819–826. – doi: 10.4271/2016-01-0539.
16. Кириллов, Н. Г. Природный газ как моторное топливо / Н. Г. Кириллов // *Нефть. Газ. Промышленность*. – 2006. – № 2. – С. 40–65.
17. Герцун, Г. М. Аналіз ризикоформуючих факторів атмосферних опадів м. Чернівці / Г. М. Герцун, Ю. Г. Масікевич // *Екологічна безпека*. – 2013. – № 2(16). – С. 40–43.
18. Дыганов, В. А. Использование компьютерных технологий при решении экологических задач повышенной трудности / В. А. Дыганов. – Казань: Казанский гос. педагогич. ун-т., 1997. – 58 с.
19. Борисов, О. О. Геоэкологічна оцінка ризику кислотного забруднення примігстральних ділянок педосфери (на прикладі міста Києва) / О. О. Борисов // *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. – 2016. – № 4(96). – С. 41–48.
20. Степура, В. С. Основы эксплуатации автомобильных дорог і аэродромів: навч. посіб. / В. С. Степура, А. О. Белятинський, Н. В. Кузьмел. – К.: НАУ, 2013. – 204 с.
21. Хабаров, В. А. Комплексная геоэкологическая оценка урбанизированных территорий в условиях техногенеза / Хабаров, В. А.: Дис. на соискания учен. степени д-ра геогр. наук : 25.00.36. – М., 2003. – 570 с.

## Bibliography (transliterated)

- 1 Kubyshkina, E. N. Praktikum po geoekologii i prirodopolzovaniuu: ucheb.-metod. materialy [Workshop on geoecology and nature management: teaching materials]. Kazan: Kazanskii un-t, 2014, 62 p.
- 2 Kofanova, O. V., Kofanov, O. Ye. Mekhanizmy posyleniia ekolohichnosti vityhznianoho avtotransportu za rakhunok zabezpechennia yoho staloho rozvytku [Mechanisms for the increasing of the environmental friendliness of vehicles by ensuring its sustainable development]. *Stratehiia rozvytku Ukrainy: ekonomika, sotsiolohiia, pravo* [The development strategy of Ukraine: economics, sociology, law], 2015, 1, 67-73.
- 3 Lukanin, V. N., Trofimenko, Iu. V. Promyshlenno-transportnaia ekologiia: ucheb. dlia vuzov [Industrial and transport ecology: the textbook for universities]. Moscow: Publishing house Vyssh. shk., 2001, 273 p.
- 4 Sheludchenko, L. S. Rozroblennia konstruksii hazopylozakhysnykh lisosmuh avtodorozhnoi merezhi [Development of the constructions of gas and dust protection forest belts of the road network]. Kamianets-Podilskyi: Publishing house PDATU, 2015, 134 p.
- 5 Brazovskii, V. V. Issledovanie protsessov mnogostupenchatoi ochistki [Investigation of the multistage purification processes]. *EFTZh*. 2008, 3, 26-34.
- 6 Sheludchenko, L. S., Ovcharuk, O. V., Nosko, B. L. Anali ticheskoe modelirovanie kolichstva dispergirovaniia mineralnykh veshchestv potokom avtomobilnogo transporta pri razrushenii avtodorozhnogo pokrytiia [Analytical modeling of the amount of dispersion of the mineral substances by the flow of the vehicles during the destruction of the road surfaces]. *Ekologichna bezpeka* [Environmental safety], 2017, 1(23), 58-62.
- 7 Snieskiene V., Balezentiene L., Stankeviciene A. Urban salt contamination impact on tree health and the prevalence of fungi agent in cities of the central Lithuania. *Urban forestry & urban greening*, 2016, 19, 13-19. – doi: 10.1016/j.ufug.2016.05.015.
- 8 Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J. M. Global change and the ecology of cities. *Science*, 2008, 319, 756-760. – doi: 10.1126/science.1150195.
- 9 Soloveva, E. S. Ekologicheskie osobennosti aktinomycetnykh kompleksov gorodskikh pochv: diss. na soiskaniia uchen. stepeni kand biol. nauk, 03.02.08 – ekologiia(biologiia) [Ecological features of the actinomycete complexes of urban soils: thesis for a candidate's degree in biological sciences, 03.02.08 – ecology (biology)]. Kirov, 2014, 147 p.
- 10 Pliatsuk, L. D., Vaskin, R. A., Vaskina, I. V. Modeliuvannia poshyrennia vykydiv vid avtotransportu u selitebnykh terytoriakh mist [Modeling of the emissions from vehicles in the residential areas of cities]. *Ekolohichna bezpeka* [Environmental safety], 2011, 2(12), 36-38.
- 11 Rukovodstvo po kontroliu zagriaznennia atmosfery RD 52.04.186–89 [Manual on the control of the atmospheric pollution RD 52.04.186-89]. – Moscow: Publishing house Gidrometeoizdat, 1989, 1084 p.
- 12 Hart J. E, Chiuve S. E, Laden F, Albert C. M. Roadway proximity and risk of sudden cardiac death in women.

- Circulation*, 2014, **130**(17), 1474-1482. – doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.011489.
- 13 **Hart J. E., Puett R. C., Rexrode K. M., Albert C.M., Laden F.** Effect modification of long-term air pollution exposures and the risk of incident cardiovascular disease in US women. *J. of the Amer. Heart Ass*, 2015, **4**(12). – doi: 10.1161/JAHA.115.002301.
- 14 **Robinson, H. K., Hasenmueller, E. A., Chambers, L. G.** Soil as a reservoir for road salt retention leading to its gradual release to groundwater. *Applied Geochemistry*, 2017, **83**, SI, 72–85. – doi: 10.1016/j.apgeochem.2017.01.018.
- 15 **Kajiyama, Y., Obata, T., Sugimoto, T., Nakamura, M., Mori, M.** Analysis of Influence of Snow Melting Agents and Soil Components on Corrosion of Decorative Chrome Plating. *SAE Intern. J. of materials and manufacturing*, 2016, **9**, **3**, 819–826, doi: 10.4271/2016-01-0539.
- 16 **Kirillov, N. G.** Prirodnyi gaz kak motornoe toplivo [Natural gas as a motor fuel]. *Neft. Gaz. Promyshlennost [Oil. Gas. Industry]*, 2006, **2**, 40–65.
- 17 **Heretsun, H. M., Masikevych, Yu. H.** Analiz ryzykoformuiuchykh faktoriv atmosferykh opadiv m. Chernivtsi [Analysis of the risk-forming factors of the atmospheric precipitation in Chernivtsi]. *Ekolohichna bezpeka [Environmental safety]*, 2013, **2**(16), 40–43.
- 18 **Dyganov, V. A.** Ispolzovanie kompiuternykh tekhnologii pri reshenii ekologicheskikh zadach povyshennoi trudnosti [Usage of the computer technologies in solving environmental problems of the increased difficulty]. Kazan: Kazanskii gos. pedagogich. un-t, 1997, 58 p.
- 19 **Borysov, O. O.** Heoekolohichna otsinka ryzyku kyslotno-solovoho zabrudnennia prymahistralnykh dilianok pedosfery (na prykladi mista Kyieva) [Geoecological risk assessment of the acid-saline contamination of the pedosphere areas near highways (on the Kyiv example)]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK [Engineering, energy, transport agro-industrial complex]*, 2016, **4**(96), 41–48.
- 20 **Stepura, V. S., Bieliatynskiy, A. O., Kuzhel, N. V.** Osnovy ekspluatatsii avtomobilnykh dorih i aerodromiv: navch. posib. [Basics of the operation of the highways and airfields: teaching manual]. Kyiv: NAU, 2013, 204 p.
- 21 **Khbarov, V. A.** Kompleksnaia geoekologicheskaiia otsenka urbanizirovannykh territorii v usloviiakh tekhnogeneza: dis. na soiskaniia uchen. stepeni d-ra geogr. nauk, 25.00.36 [Complex geoecological assessment of the urbanized territories in conditions of the technogenesis: thesis for a degree of Dr. of geographical sciences, 25.00.36]. Moscow, 2003, 570 p.

#### Відомості про авторів (About authors)

**Борисов Александр Александрович** – аспірант кафедри інженерної екології; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна; e-mail: inton.oht@gmail.com.

**Oleksandr Borysov** – Ph. D. student, Environmental Engineering Department, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine; e-mail: inton.oht@gmail.com.

**Кофанова Олена Вікторівна** – д. пед. н., к. х. н., професор, професор кафедри інженерної екології, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна; e-mail: elexina555@gmail.com.

**Olena Kofanova** – Doctor of Educ. Sc., Ph. D. in Chemistry, Professor, Professor of Environmental Engineering Department, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine; e-mail: alexina555@gmail.com.

*Будь ласка, посилайтеся на цю статтю наступним чином:*

**Борисов, О. О.** Комплексний аналіз геохімічного стану придорожніх територій великого міста / **О. О. Борисов, О. В. Кофанова** // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 32 (1254). – С. 91-97. – doi: 10.20998/2413-4295.2017.32.15.

*Please cite this article as:*

**Borysov, O. O., Kofanova, O. V.** Complex analysis of the geochemical state of the city roadside areas. *Bulletin of NTU KhPI. Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017 **32** (1254), 91–97, doi:10.20998/2413-4295.2017.32.15.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Борисов, А. А.** Комплексный анализ геохимического состояния придорожных территорий большого города / **А. А. Борисов, Е. В. Кофанова** // *Вестник НТУ «ХПИ»*, Серія: *Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2017. – № 32 (1254). – С. 91-97. – doi: 10.20998/2413-4295.2017.32.15.

**АННОТАЦИЯ** Проанализировано влияние вредных примесей в атмосферном воздухе больших городов на здоровье людей, определен вклад автотранспорта в загрязнение окружающей городской среды и в изменения климата на планете. Сделан вывод о необходимости комплексного геоэкологического анализа состояния городских территорий и зеленых насаждений, расположенных вблизи дорог и автомагистралей. Проведена оценка кислотно-солевого загрязнения атмосферных осадков и придорожных почв в г. Киеве. Установлены корреляционные зависимости между кислотным и соевым загрязнением придорожной территории большого города, исследована сезонная динамика загрязнений. Установлено, что использование противогололедных средств зимой существенно влияет на качество почв и, как следствие, на состояние и развитие зеленых насаждений. Рассчитан комплексный показатель геохимического загрязнения исследуемых территорий.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность; загрязнение атмосферного воздуха; автотранспортное загрязнение; геохимическое состояние; кислотно-солевое загрязнение почв; зеленые насаждения.

*Надійшла (received) 15.09.2017*