

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВАЛОВОГО ВМІСТУ НІКЕЛЮ ТА АРСЕНУ У СМУГАХ ВІДВЕДЕННЯ АВТОШЛЯХІВ М. СУМИ

**Тихонова Олена Михайлівна**кандидат біологічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0003-0961-4896  
ur5apn@ukr.net**Кирильчук Катерина Серіївна**кандидат біологічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0001-9968-4833  
ekaterinakir2017@gmail.com**Шапавал Вікторія Петрівна**студентка  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
vikashapoval18.19@gmail.com

*Питання вивчення забруднюючого впливу автотранспорту на екологічний стан міста важливе і невідкладне. Індикатором цього впливу виступають ґрунти смуг відведення автомагістралей. Міські ґрунти є базовою складовою урбоєко-систем, адже здійснюють ряд найважливіших екологічних і господарських функцій і значною мірою визначають умови життя людей. Мета дослідження полягала у проведенні кількісного аналізу рівня забруднення нікелем та арсеном поверхневого шару ґрунтів смуг відведення основних автотранспортних магістралей м. Суми.*

*Встановлено, що порівняно з фоновою концентрацією, вміст нікелю в ґрунтах резервно-технологічних смуг на відстані 1–2 м від дороги перевищено у 2,3 рази на вул. Г. Кондратьєва та Харківській, у 2 рази – на вулицях Металургів та Роменській; на відстані 10–13 м виявлено перевищення фонової концентрації 26 мг/кг у 2 рази на вул. Г. Кондратьєва, в 1,7 разів – на вул. Роменська, Металургів, Харківська, Ковпака. В ґрунтах захисних смуг на відстані 50 м від автошляхів перевищення ГДК з урахуванням фону виявлено на вул. Металургів на 30 %, вул. Г. Кондратьєва та Привокзальній – на 6 %. Найнижчий валовий вміст цього елемента виявився на вулицях Героїв Крут та Миру, відповідно 19,5 та 22,5 мг/кг, що нижче кларку на 25 % та 13,5 % відповідно. Перевищення гранично-допустимої концентрації арсену спостерігали практично по всіх вулицях, за виключенням вул. Білопільської. При цьому в ґрунтах смуг відведення автошляхів на вулицях Привокзальна, Г. Кондратьєва ГДК перевищено у 2 рази, а по вул. Роменській – у 4 рази. Однак при цьому потрібно зауважити, що при віддаленні від автошляхів рівень забруднення зменшується й знаходиться у межах норми – на відстані 50 м перевищення вмісту арсену на вул. Харківській складає 25 %, Роменській – 12 % від гранично-допустимої концентрації.*

**Ключові слова:** важкі метали, нікель, арсен, забруднення ґрунтів, смуги відведення автомагістралей.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.8>

**Вступ.** Останнім часом все більше науковців звертають свою увагу на проблему забруднення ґрунтів у містах. Сучасний рівень техногенезу, інтенсивний розвиток промислових агломерацій сприяють збільшенню урбанізованих територій у світі. Поряд із позитивним ефектом цей процес призводить до зростання небажаних наслідків, які проявляються у загостренні екологічних проблем у містах. Міські ґрунти мають значно більший рівень забруднення порівняно з ґрунтами агроєкоосистем та природних екотопів. Поки важкі метали знаходились у своїх природних депо – рудах і мінералах, їх кількість у біогеохімічних циклах була мізерна, а виведення цих сполук із природних руд принципово змінило їх концентрацію у природному середовищі, яка зросла у десятки і сотні разів. Після потрапляння у біосферні колообіги речовин важкі метали повертаються в осадкові породи надзвичайно повільно (Gal'perun, 2003). Відповідно все більш нагальними стають питання вивчення рівня забруднення міських ґрунтів шкідливими речовинами та шляхів подолання цієї проблеми.

Природне джерело потрапляння важких металів у ґрунти – тип материнської породи, атмосферні опади та органічні речовини. Залежно від походження, розрізняються два типи важких металів: 1) літогенні, виникнення яких тісно

пов'язане з материнською породою та мінералами, які її складають; 2) антропогенні, які потрапляють до ґрунту внаслідок людської діяльності (Buchinskiy & Vashukevich, 2008). Негативними наслідками тривалих і інтенсивних антропогенних впливів є розвиток деградаційних процесів у ґрунтах (A national perspective..., 2005; Panas & Malanchuk, 2009).

Адсорбційні властивості ґрунту суттєво впливають на вміст важких металів у ньому. Ґрунтові колоїди частіше мають від'ємний заряд, що полегшує обмінну адсорбцію, яка відбувається у процесі осадження іонів важких металів із ґрунтового розчину. Найбільша адсорбційна ємність властива органічним колоїдам. Від вмісту органічної речовини у ґрунті, внаслідок змін адсорбційної здатності, залежить вміст важких металів, через це у різних природних зонах встановлені різні кларкові концентрації. Здатності катіону до адсорбції зростає разом із його валентністю. На загальну адсорбційну ємність ґрунту впливає його рН. Унаслідок зростаючої кислотності ґрунтів під впливом антропогенних процесів зростає концентрація у ґрунтового розчину деяких форм важких металів. Процеси адсорбції призводять до осадження, або рідше – до окислення. Ступінь окисно-відновного потенціалу ґрунту визначають окисно-відновні реакції іонів важких металів. Окрім

цього, значна частина окисно-відновних реакцій у ґрунті протікає за участю мікроорганізмів, які виділяють протеолітичні ферменти, що виступають каталізаторами обмінних процесів. Частина іонів розчиняється у воді та, утворивши у цій формі комплекс із важкими металами, засвоюється рослинами через кореневу систему. Мікроорганізми необхідні у специфічних реакціях утворення металоорганічних сполук, наприклад, ртуті або миш'яку.

На розподіл важких металів у ґрунті впливають різні фактори, зокрема, гранулометричний склад ґрунту; підвищена дисперсність субстрату, що гальмує винесення атомів мікроелементів за межі ґрунтового профілю та сприяє накопиченню їх у ґрунті; наявність оксидів і гідроксидів у ґрунті (найбільший вплив на рухливість іонів важких металів у ґрунті мають оксиди і гідроксиди Fe, Al і Mn); наявність карбонатів, які значною мірою знижують рухомість всіх мікроелементів, у тому числі, важких металів, адже мають високі адсорбційні властивості; вміст органічної речовини, що інактивує важкі метали, збільшує буферність ґрунту, сприяє зниженню токсичної дії металів і перешкоджає їхньому надходженню у рослини (Iutyn's'ka, 2006); ґрунтова мікробіота, на діяльність якої впливає вологість ґрунту, яка тісно пов'язана з кліматичними і погодними умовами (Zabelina, 2014; Khristenko et al., 2002); важкі метали, які потрапили у ґрунт, у першу чергу, їх мобільна форма, і підлягають різним трансформаціям. Закріплення гумусом – основний процес, що впливає на частку металів у ґрунті. Саме цим пояснюється їхній підвищений вміст у верхньому найбільш гумусованому шарі ґрунту. Глибина проникнення важких металів у забруднених ґрунтах звичайно не перевищує 20 см, проте, при сильному забрудненні вони здатні проникати і на глибині до 160 см. Найбільшою міграційною здатністю характеризуються іони Zn, які рівномірно розподіляються у шарі ґрунту на глибині 0–20 см. Pb частіше накопичується у поверхневому шарі (0–2,5 см), Cd займає проміжне положення між ними (Nikitenko, 2007). За даними дослідників (Matvijchuk, 2008; Vanchura, 2011) у ґрунтах по-обабічної смуги автомобільних доріг загальнодержавного значення Волинської області вміст свинцю змінюється від 9,7 до 70,1 мг/кг ґрунту, а у примігстральних ґрунтах в залежності від відстані до магістралі – від 8,0 до 98,0 мг/кг ґрунту і перевищує ГДК у 6 разів. При наявності піщано-супіщаного субстрату розсіяні хімічні елементи мігрують з поверхні у нижні горизонти ґрунтового профілю.

Встановлено, що метали-забруднювачі мають неоднакову здатність до адсорбції, від чого їхня токсичність для рослин при однаковому забрудненні може бути різною. Так, за однакових умов іони міді адсорбується у більшій кількості, ніж іони кадмію. Цинк утримується ґрунтами більш міцно, ніж

кадмію, тому що найбільша його кількість зв'язана з оксидами заліза. Кадмію, в основному, знаходиться в обмінній формі. Важкі метали у ґрунтах присутні у різних формах: у ґрунтового розчині – у формі вільних катіонів; у твердій частині ґрунту – у формі обмінних катіонів і їхніх заряджених комплексних сполук, адсорбованих на поверхні ґрунтових часточок; у вигляді ізоморфних домішок у структурах глинистих мінералів; гелів заліза, алюмінію і марганцю, а також у формі власних мінералів і стійких осадів малорозчинних солей (Kurbatova et al., 2005). Вагомий внесок в еколого-геохімічні дослідження важких металів зробили українські вчені: Е. Я. Жовинський, І. В. Курасва, А. І. Самчук та ін. (Zhovyns'kyj & Kurajeva, 2002; Kurajeva et al., 2010), які розробили статистичні моделі залежності вмісту рухомих форм мікроелементів від властивостей ґрунтів. З використанням цих моделей визначені інтенсивні та екстенсивні показники рухомості металів.

В ґрунтах важкі метали знаходяться у трьох станах: водорозчинному, необмінному та обмінному. Небезпечним є забруднення ґрунту такими важкими металами як ртуть, кадмію, свинець, хром, мідь, цинк і миш'як. Важкі метали присутні в ґрунті як природні домішки, але причини підвищення їх концентрацій пов'язані із такими факторами антропогенного впливу як:

- промисловість (хімічна, кольорова і чорна металургія, енергетика),
- сільське господарство (зрошення забрудненою водою, застосування пестицидів та мінеральних добрив),
- спалювання вихлопного палива та відходів,
- автотранспорт.

Важкі метали надходять у навколишнє середовище у ході роботи самого автотранспорту, а також при стиранні дорожнього покриття. В результаті від автотрас у ґрунт надходять свинець, кадмію, залізо, нікель, цинк, марганець й інші елементи (Akbar et al., 2006). Для запобігання зростання вмісту важких металів у ґрунті введено відповідні норми їхнього вмісту: ГДК валового вмісту важких металів в орному шарі ґрунту та рослинній масі; ГДК рухомих форм важких металів у ґрунті, мг/кг; Кларки важких металів у ґрунті, мг/кг. ГДК важких металів – це концентрація, яка при тривалому впливі на ґрунт і рослини, що ростуть на ньому, не викликає патологічних змін чи аномалій біологічних процесів, а також не призводить до накопичення токсичних елементів у сільськогосподарських культурах і, відповідно, не може порушувати біологічний оптимум для сільськогосподарських тварин і людини (Petruk et al., 2008; DSTU 4768:2007-27) (табл. 1).

Таблиця 1

Гранично-допустимі концентрації деяких забруднюючих елементів у ґрунтах, мг/кг

Хімічний елемент	Рухомі форми	Валовий вміст
Арсен	-	2,0
Кадмію	-	3,0
Мідь	3,0	35,0
Ртуть	-	2,1
Свинець	20,0	32,0
Цинк	23,0	50,0
Нікель	4,0	45,0
Хром	-	0,05
Ванадій	-	150,0

Кларк, або фонові концентрації – це середній вміст важкого металу у ґрунті, що виражається у відсотках або мг/кг (DSTU 3980:2000). Кларк концентрації характеризує міру його концентрації в об'єкті чи природному процесі. В екологічних дослідженнях забруднення міських територій кларки концентрації можуть розраховуватися як відносно кларків літосфери, так і по відношенню до кларків елементів міських ґрунтів. Валовий вміст важких металів доцільно використовувати

для загальної характеристики стану ґрунтів і їхньої потенційної небезпечності. Лише вміст рухомих форм буде зумовлювати рівень їхньої токсичності (DSTU 4976:2008; Piliipenko & Skok, 2015). Метали саме у рухомих сполуках негативно впливають на ґрунтовий біоценоз, що неодноразово довели вітчизняні і зарубіжні дослідники (Fateev, 2006) (табл. 2).

Таблиця 2

Регіональні кларки важких металів для ґрунтів України, мг/кг (за А. І. Фатєєвим) (Fateev, 2006)

Ґрунтово-кліматична зона	Елемент								
	Pb	Zn	Cu	Co	Mo	Sr	Cr	V	Ni
Полісся	11,4* 6–25**	42 8–96	8 1,4–20	10 2,5–20	2,4 1,5–5,0	118 80–520	39 20–67	16 8–29	12 9–20
Лісостеп	10 10–10	52 20–90	20 10–48	17 8–40	2,8 0,9–6,3	119 52–250	51 18–100	52 16–201	26 10–80
Степ	13 10–15	62 33–100	27 10–64	16 8–27	3,8 2,9–5,6	142 100–220	85 40–150	68 42–130	25 19–40
Крим: степовий	10 10–10	69 40–190	31 12–47	24 10–30	1,8 2,0–3,8	112 30–300	96 40–156	119 33–120	53 10–47
гірський	- 10	60 45–70	83 55–125	27 23–32	1,1 0,5–1,7	- -	- 130	253 148–267	53 43–63
Карпати: передгір'я	- 23–168	84 45–237	23 5–76	17 5–32	- 0,4–3,0	- 138–145	90 30–282	106 49–302	39 8–110
гірські	61 -	50 45–70	25 20–40	21 15–40	- -	- 126–145	140 100–160	71 46–90	31 25–40

\* - середній вміст; \*\* - діапазон коливань

Класифікація ґрунтів за ступенем забруднення базується на гранично-допустимих концентраціях забруднюючих речовин та їх фонового вмісту у ґрунті (Dabachov et al., 2008; Medvedev, 2002). За ступенем забруднення важкими металами ґрунти поділяються на три категорії: слабозабруднені, середньозабруднені, сильнозабруднені. До сильнозабруднених належать ґрунти, в яких вміст важких металів у декілька разів перевищує ГДК і які зазнали істотних змін фізико-хімічних та біологічних характеристик, а також мають внаслідок цього низьку біологічну активність та продуктивність. Вміст важких металів у рослинній продукції, яку виростили на таких ґрунтах, зазвичай, перевищує встановлені норми. До помірно забруднених належать ґрунти, в яких встановлено незначне перевищення ГДК, без помітних змін фізико-хімічних властивостей, до слабозабруднених – вміст важких металів у яких не перевищує ГДК, але вищий від природного фону (Piven', 2008).

Відповідно до Державного стандарту (DSTU 4768:2007-27), токсичні хімічні елементи розділені за класами гігієнічної небезпеки:

I клас: арсен (As), берилій (Be), ртуть (Hg), селен (Se), кадмій (Cd), свинець (Pb), цинк (Zn), флуор (F);

II клас: хром (Cr), кобальт (Co), нікель (Ni), бор (B), молібден (Mo), купрум (Cu), стибій (Sb);

III клас: барій (Ba), вольфрам (W), манган (Mn), ванадій (V), стронцій (Sr).

Значна література присвячена питанням відновлення та реабілітації ґрунтів. Так, Н. Х. Грабак зазначає, що серед фізичних заходів реабілітації забруднених важкими металами ґрунтів заслуговують на увагу такі, як переміщення забрудненого прошарку за межі формування основної маси коріння; видалення забрудненого прошарку ґрунту й нанесення незабрудненого, посилення адсорбції забруднювачів

шляхом внесення адсорбентів, у тому числі й органічних добрив, промивання розчинних форм забруднювачів зрошувальними водами (Kernichna, 2002). З хімічних заходів реабілітації ґрунту варто звернути увагу на такі: усунення кислої реакції ґрунтового розчину, добір реагентів для переведення забруднювачів у нерозчинну форму або у нешкідливі сполуки; застосування інактиваторів важких металів, внесення фосфатних добрив для зменшення токсичної дії міді, цинку, кадмію, внесення сорбентів важких металів; внесення карбонатів, доломітового борошна, фосфогіпсу, подрібненої соломи та інших органічних добрив для зменшення рухомості важких металів; пошук та внесення хімікатів для зв'язування пестицидів у нерозчинні форми; очищення від хлорорганічних та циклодієнових інсектицидів; обробка ґрунту сполуками заліза для дегалогенування пестицидів. Найефективнішими біологічними заходами реабілітації забруднених важкими металами земель є: вилучення забруднювачів за допомогою рослин-накопичувачів; використання бактерії *Ralstonia metallidurans* та інших мікроорганізмів, фітоекстракція, фітодеградація, фітостабілізація тощо (Karmazinenko et al., 2014; Grabac & Budykina, 2014).

Метою дослідження є визначення валового вмісту нікелю та арсену у смугах відведення автошляхів м. Суми.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проводили у 2020 р. Предмет дослідження – валовий вміст нікелю та миш'яку у поверхневому шарі ґрунтового покриву смуг відведення головних автомагістралей м. Суми. Зразки ґрунту відбирали у смугах відведення на вулицях: Іллінська, Привокзальна, Г. Кондратьєва, Роменська, Металургів, Білопільська, Харківська, Героїв Крут, Миру та Ковпака. Заміри проводилися в смугах відведення на наступних відстанях від траси: 1–2 м; 10–13 м; 50–60 м.

Відповідно до галузевих будівельних норм ГБН В.2.3-

218-007:2012 України "Споруди транспорту. Екологічні вимоги до автомобільних доріг: проектування" (Diadkova & Kozlovskiy, 2012), смуги відведення автошляхів поділяються на категорії: зона впливу 300–2000 м; захисна смуга 30–300 м; резервно-технологічна смуга 12–30 м. Дослідження проводили у межах резервно-технологічних та захисних смуг.

Разом з поняттям "зона відведення" вказані ГБН використовують також поняття "смуга, або зона впливу автомобільної дороги" – територія, що прилягає до автомобільної дороги, в межах якої проявляється вплив на навколишнє середовище внаслідок її будівництва та експлуатації. При дослідженні ґрунтів придорожного простору автодоріг, відбір проб проводили згідно із методиками, рекомендованими стандартами ISO "Якість ґрунту. Відбирання проб" (DSTU 4287:2004).

Поверхневий шар ґрунтів (0–4 см) на досліджуваній території відбирали класичним методом конверта. Пробовідбір проводили на відстані 1–2, 10–13, 50–60 м від крайової лінії автодоріг. Усі ґрунтові зразки відбирали на однаковій глибині (4–5 см). У кожній досліджуваній точці відбирали близько 100–200 г ґрунту, об'єднану пробу готували із точкових проб, відповідно до методики, рекомендованої нормативними документами (DSTU ISO 10381-5).

Ґрунт висушували на відкритому повітрі до повітряно-сухого стану, видаляли залишки рослин, подрібнювали вручну в ступці товкачиком. Розтертий ґрунт просіювали через сито з отворами діаметром 0,25 мм. Просіяний ґрунт розподіляли по рівній поверхні шаром товщиною не більше 1 см. Із подрібненої і просіяної проби методом квартування відбирали аналітичні проби масою 20 г, для чого подрібнений зразок після змішування розподіляли на папері у вигляді квадрата і поділяли шпателем на чотири рівні частини. Відібрану лабораторну пробу ґрунту зберігали у пакетиках із поліетилену.

Для проведення безпосереднього аналізу вмісту окремих хімічних речовин у дослідженні було використано метод атомно-абсорбційної спектроскопії, запропонований Аланом Уолшем у 1955 р. Метод базується на поглинанні вільними атомами резонансного випромінювання при пропусканні променя світла через шар атомної пари, тобто селективному поглинанні світла атомами речовини, переведеної в атомарний газоподібний стан. Випромінювання від джерела світла, проходячи через пари речовини на частотах, які співпадають з частотою переходу електрона з основного рівня на близький до нього, поглинається. За ступенем послаблення інтенсивності спектральних ліній досліджуваного елемента визначають його концентрацію у зразку. Під час обробки результатів дослідження користувалися статистичними методами.

**Результати.** Арсен (As) – напівметалічний хімічний елемент з атомним номером 33, атомною масою 74,9, простою речовиною якого є миш'як. За звичайних умов представляє собою сірі крихкі кристали. Реагує з киснем, вкриваючись плівкою оксиду  $As_2O_3$ . Арсен – діамантний елемент. Під час конденсації парів арсену на холодній поверхні, утворюється жовтий арсен, який представляє собою прозорі, м'які, як віск кристали, схожі за властивостями на білий фосфор. Під дією яскравого світла або при слабкому нагріванні цей жовтий арсен переходить у сірий стан. Відомі також склоподібно-амор-

фні модифікації: чорний арсен і бурий арсен, які при нагріванні вище за 270 °С перетворюються на сірий арсен (Gross & Vaismantel, 1994). Сполуки арсену дуже отруйні.

Відомо понад 120 мінералів, що містять арсен. Найпоширеніші: реальгар, аурипігмент, арсенопірит – основні руди арсену знаходяться у гідротермальних жилах разом з арсенистими і стибіістими мінералами Ni, Co, Ag та Pb. Порівняно рідкісний. Масовий кларк миш'яку у літосфері складає  $1,7 \cdot 10^{-4}$  %.

Миш'як потрапляє в організм найчастіше не в елементарній формі, а у вигляді сполук. Хронічне отруєння виявляється у роздратуванні слизових оболонок очей і верхніх дихальних шляхів. Крім того, з'являється неминаючий нежить, кашель, кон'юнктивіт, кровохаркання, а у більш важких випадках приєднуються симптоми ураження центральної нервової системи. Сполуки миш'яку мають дратівну дію на шкіру. При тривалих діях вони можуть викликати утворення злоякісних пухлин, мутацій ДНК (Novikov, 2000).

Миш'як відноситься до числа найбільш сильних і небезпечних отрут. У присутності кисню швидко утворює дуже отруйний арсенічний ангідрид. При пероральному отруєнні висока концентрація миш'яку спостерігається у шлунку, кишечнику, печінці, нирках і підшлунковій залозі, при хронічному отруєнні поступово накопичується у шкірі, волоссі і нігтях. Через інгібування різних ферментів, порушує метаболізм. Смертельна доза при прийомі всередину 0,05–0,2 г. Джерелами миш'яку, який накопичується в ґрунті, можуть бути викиди підприємств скляної, радіоелектронної, металургійної промисловостей, автомобільного транспорту (Zhuikova & Bezel, 2018).

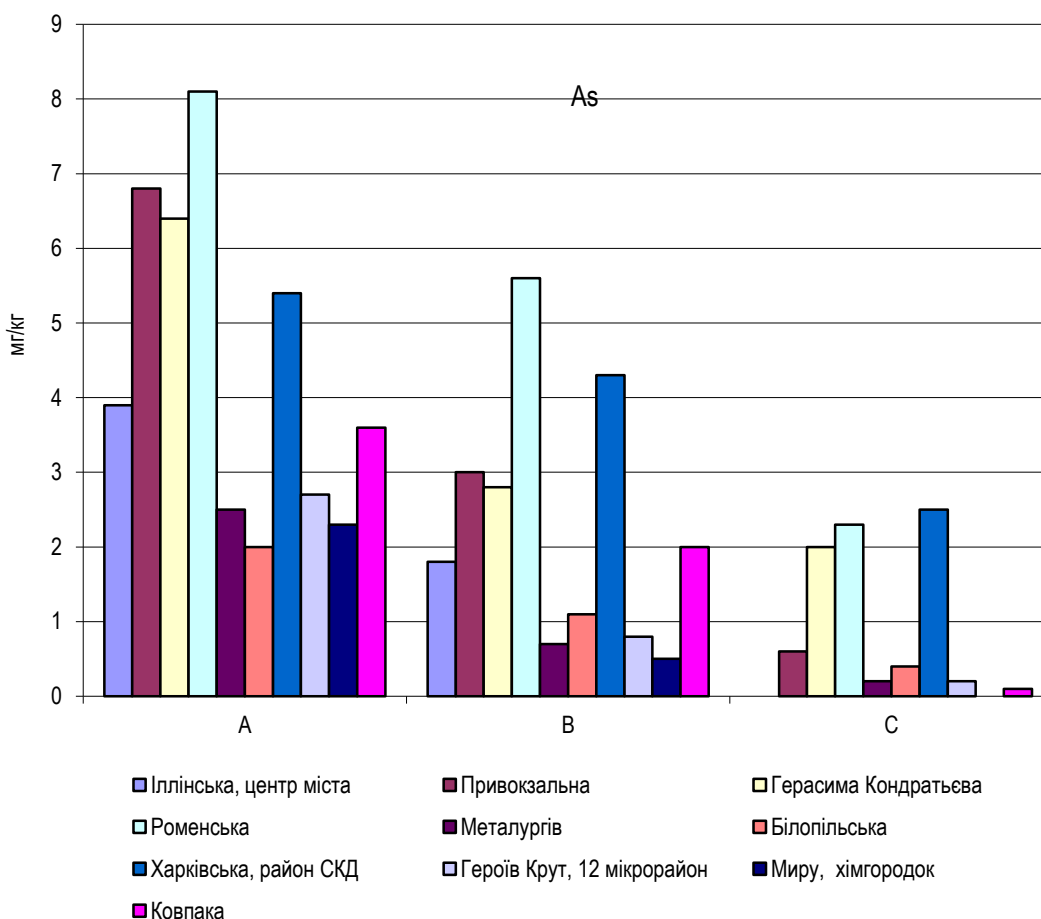
ГДК арсену у ґрунті складає 2,0 мг/кг, середній кларковий вміст – 1,7 мг/кг (Petruk et al., 2008; Orientirovochno dopustimye koncentracii...). Дослідження поверхневого шару ґрунтів смуг відведення основних автомагістралей міста виявило, що на відстані 1–2 м від дороги у всіх мікрорайонах характерне перевищення норми ГДК, за виключенням вулиці Білопільської. При цьому по декількох вулицях – Привокзальна і Г. Кондратьєва – допустимі нормативи перевищені приблизно у 2 рази – 6,8 і 6,4 мг/кг відповідно, а по вул. Роменській – у 4 рази.

При віддаленні від автошляхів рівень забруднення зменшується й знаходиться у межах ГДК. На відстані 50 м перевищення вмісту арсену на вул. Харківській складає лише 25 %, Роменській – 12 % від гранично-допустимої концентрації (табл. 3, рис. 1).

Нікель (Ni) – метал сріблясто-білого кольору, дуже твердий, добре полірується, притягується магнітом. Атомний номер 28; атомна маса 58,70. Густина 8,9; температура плавлення 1455 °С; температура кипіння 2900 °С. Утворює тверді розчини з Fe, Co, Mn, Cu, Pt, Au, Pd, Cr та ін. Кларк елемента у земній корі  $5,8 \cdot 10^{-3}$  %. Цей метал має високу ковкість і пластичність, у хімічному відношенні має середню активність, схожу з залізом, кобальтом, міддю і благородними металами (Gross & Vaismantel, 1994). В природі існує у вигляді різних оксидів, сульфідів, силікатів і належить до стратегічних корисних копалин. Зустрічається у вулканічних породах і як вільний метал, іноді в осколках залізонікелевих метеоритів. Є компонентою Земного ядра, яке складається, переважно із заліза з домішками нікелю.

Валовий вміст арсену (As) у ґрунтах смуг відведення автомагістралей м. Суми, мг/кг

Вулиця	Відстань від автошляху, м		
	2	10	50
Іллінська	3,9	1,8	0,0
Привокзальна	6,8	3	0,6
Герасима Кондратьєва	6,4	2,8	2,0
Роменська	8,1	5,6	2,3
Металургів	2,5	0,7	0,2
Білопільська	2	1,1	0,4
Харківська, район СКД	5,4	4,3	2,5
Героїв Крут, 12 мікрорайон	2,7	0,8	0,2
Миру	2,3	0,5	0,0
Ковпака	3,6	2	0,1



**Рис. 1.** Валовий вміст арсену (As) в смугах відведення автомобільних шляхів м. Суми, на різних відстанях від автошляху: А – 2 м, В – 10 м, С – 50 м.

Антропогенне надходження нікелю у навколишнє середовище на 180 % перевищує природне. Основним джерелом надходження Ni в навколишнє середовище є спалювання дизельного палива, що становить 57 % загального антропогенного надходження. Близько 25 % надходить при отриманні нікелю і його промислового використанні (Mug & Ramamurti 1987). Більше 75 % рудного нікелю використовують для виробництва понад 3000 металевих сплавів, серед яких нержавіюча сталь, ковке та ливарне залізо, купронікель. Також нікель використовується при нанесенні гальванічного покриття.

В організмі людини нікель входить до структури деяких білків, ДНК, РНК. Нормальний вміст нікелю при аналізі

волосся – до 2 мкг/г, нігтів – до 3 мкг/г. При надлишковому надходженні в організм, внаслідок побутових або виробничих факторів, спостерігається підвищена кількість нікелю при аналізі волосся і нігтів. Нікель бере участь в активації ферментів: іони Ni<sup>2+</sup> беруть участь в активації ферменту аргінази. Цей фермент каталізує розпад аргініну до орнітину і сечовини. Тим самим нікель побічно сприяє виведенню азоту з нашого тіла.

Одна з головних функцій нікелю – участь у процесі кровотворення. На процес кровотворення нікель впливає побічно, нікель є кофактором біоіганду, здатного зв'язувати залізо і переводити його з нерозчинної форми Fe<sup>3+</sup> у легко засвоювану Fe<sup>2+</sup>. Залізо надалі використовується організмом

для утворення гемоглобіну. Нікель входить до складу еритроцитів. Нікель бере участь в окисно-відновних процесах організму. Тому його концентрація вище у тих органах, в яких постійно відбуваються реакції обміну: м'язи, печінка, легені, нирки, підшлункова залоза, головний мозок і щитовидна залоза. За допомогою нікелю у наше тіло надходять такі вітаміни як В12 і С.

При надлишковому надходженні в організм людини проявляє токсичну і канцерогенну дію. Його токсична дія обумовлена інгібуванням ферментів, у людини виникає почуття тривожності, занепокоєння, синдрому хронічної втоми, можливий розвиток хвороби Паркінсона та ін. У 10–15 % населення Землі спостерігається алергія на нікель. Цей важкий метал може призводити до зниження активності металоферментів, порушення синтезу білків, ДНК і РНК. Також нікель здатний пригнічувати роботу серцево-судинної системи (Petrovska, 2014; Zhovinskiy & Kuraeva, 2002).

Основні джерела забруднення навколишнього середовища нікелем – підприємства гірничорудної промисловості,

кольорової металургії, машинобудівні, металообробні, хімічні, приладобудівні й інші виробництва, що використовують у технологічних процесах різні сполуки нікелю; теплові електростанції, що працюють на мазуті та кам'яному вугіллі; автотранспорт.

ГДК валового вмісту нікелю у ґрунті складає 4,0 мг/кг з урахуванням кларку, значення якого для ґрунтів Лісостепової природної зони становить 26,0 мг/кг, у сумі дозволений вміст нікелю складає 30 мг/кг. Дослідження виявили перевищення допустимого вмісту цього металу більше, ніж у 2 рази на вулицях Г. Кондратьєва та Харківській, та у 1,8 разів – Металургів та Роменській на відстані 1–2 м від дороги. При віддаленні на 50 м перевищення ГДК на 30 % виявлено на вул. Металургів, 6% – на вул. Г. Кондратьєва та Привокзальній. Найнижчий валовий вміст цього елемента на вулицях Героїв Крут та Миру, відповідно 19,5 та 22,5 мг/кг, що значно нижче кларку.

Показники забруднення смуг відведення автомагістралей м. Суми нікелем наведені у табл. 4 і на рис. 2.

Таблиця 4

Валовий вміст нікелю (Ni) в ґрунтах смуг відведення автомагістралей м. Суми, мг/кг

Вулиця	Відстань від автошляху, м		
	2	10	50
Іллінська	48,1	41,5	27,9
Привокзальна	51,0	42,6	34,5
Герасима Кондратьєва	63,2	55,8	35,7
Роменська	55,8	47,2	30,6
Металургів	57,5	49,2	39,7
Білопільська	45,2	37,3	25,6
Харківська, район СКД	63,4	46,0	33,0
Героїв Крут, 12 мікрорайон	42,0	30,1	19,5
Миру, хімгородок	42,0	36,8	22,5
Ковпака	52,2	45,6	24,1

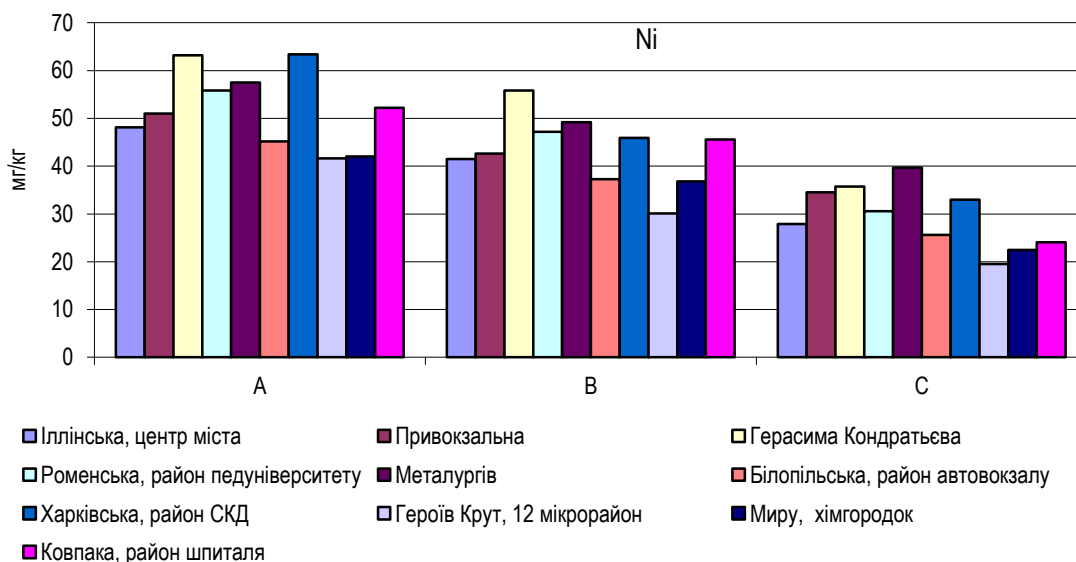


Рис. 2. Валовий вміст нікелю (Ni) в смугах відведення автомобільних шляхів м. Суми, на різних відстанях від автошляху: А – 2 м, В – 10 м, С – 50 м.

**Обговорення.** Вивченню забруднення ґрунтового покриву міських екосистем присвячена значна література. За даними Мінєєва, Спейделя і Агну (Mineev, 2004; Kovda, 1985; Speidel & Agnew, 1982), важкі хімічні елементи можна розділити на дві великі групи: до першої відносять ті, що в помір-

них кількостях необхідні для росту рослин, до другої – безпечно токсичні елементи. До корисних дослідники відносять п'ять металів: Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, до токсичних – одинадцять металів (Hg, Pb, Th, Ge, Rb, Sr, Zr, Ag, Cd, Sb, Te, Ba), чотирнадцять лантаноїдів (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) та U. Привертає увагу, що в списку токсичних

елементів відсутні Ni, і особливо As і Cr, адже токсичним властивостям хрому і миш'яку присвячена значна кількість наукових робіт (Vodjanickij, 2008; Korchagina, 2014).

Вміст нікелю і арсену в ґрунтах смуг відведення автошляхів відрізняється по різних населених пунктах та мікрорайонах міст, цей факт обумовлений різним ступенем транспортного навантаження.

За даними К. В. Вовк (Vovk, 2018), вміст нікелю у пришляхових ґрунтах м. Києва розподіляється нерівномірно. Значне забруднення локалізується у південно-східній частині міста, а також у Голосіївському районі. В окремих точках вміст нікелю досягає 70 мг/кг і вище. Середнє по Києву – 25 мг/кг, що у 2,5 разів вище за фонових значень. Також особливості розподілу важких металів та їх рухомих форм у ландшафтно-геохімічних зонах Києва приведені у роботі О. А. Жук, М. В. Язвинської та А. І. Радченко (Zhuk et al., 2017). В м. Кривий ріг у ґрунтах смуг відведення автошляхів вміст нікелю коливається в межах 100–300 мг/кг, що у 3–8 разів перевищує ГДК. Максимальний вміст нікелю на території України сягає рівня 6,7 ГДК у ґрунтах на території Гостомельського склозаводу (Nacional'na dorovid', 2011). Дослідження С. П. Кармазиненка разом із співавторами (Karmazynenko et al., 2014) показали, що в ґрунтах м. Маріуполь вміст нікелю коливається від 20 до 100 мг/кг, в той час, коли фонові концентрації цього металу в ґрунті складає 10 мг/кг.

Дослідження К. В. Корчагіної (Korchagina, 2014) вмісту важких металів в ґрунтах придорожних смуг м. Москви показали слабке глибокопрофільне забруднення всіх розрізів миш'яком на території всього міста і значне забруднення в південно-західному окрузі. Максимальне перевищення гранично-допустимих концентрацій спостерігалися на метровій глибині, тоді як максимуми об'ємних концентрацій свинцю, кадмію та ртуті зосереджені біля поверхні ґрунту. Максимальні об'ємні концентрації цинку, нікелю та міді зосереджені на глибині 1 м і ближче до поверхні ґрунтового розрізу. В цілому, вміст нікелю в метровому шарі ґрунту в різних районах м. Москви не перевищує ГДК, а вміст миш'яку перевищує ГДК у 2–4 рази.

Проблему очищення ґрунтів від важких металів можна вирішити природним шляхом: у сучасних індустріально-розвинутих країнах широко застосовується метод фітореMediaції ґрунтів, забруднених неорганічними та органічними контамінантами. В основі цього методу лежить здатність деяких видів рослин акумулювати важкі метали у кількостях, які значно перевищують їх вміст у ґрунті (Chanu & Gupta, 2016; Tauqeer et al., 2016; Das & Mazumdar, 2016; Upadhyay et al., 2014). Гарні результати спостерігаються при використанні культурних рослин та бур'янів з родини *Brassicaceae* (Dobrovolskij, 1997; Raskin et al., 1994; Prasad, 2003).

**Висновки.** Дослідження виявили негативний вплив автошляхів на екологічний стан ґрунтів у м. Суми. Вміст нікелю, порівняно з фоновією концентрацією для ґрунтів Лісостепової природної зони, що складає 26 мг/кг, у ґрунтах резервно-технологічних смуг автошляхів на відстані 1–2 м від дороги перевищено у 2,3 рази на вул. Г. Кондратьєва та Харківській, у 2 рази – на вулицях Металургів та Роменській; на відстані 10–13 м виявлено перевищення фоновієї концентрації у 2 рази на вул. Герасима Кондратьєва, в 1,7 разів – на вул. Роменська, Металургів, Харківська, Ковпака. В ґрунтах захисних смуг на відстані 50 м від автошляхів перевищення ГДК з урахуванням фону виявлено на вул. Металургів на 30 %, вул. Г. Кондратьєва та Привокзальній – на 6 %. Найнижчий валовий вміст цього елемента виявився на вулицях Героїв Крут та Миру, відповідно 19,5 та 22,5 мг/кг, що нижче кларку на 25 % та 13,5 % відповідно. Перевищення гранично-допустимої концентрації арсену спостерігали практично по всіх вулицях, за виключенням вул. Білопільської. При цьому у ґрунтах смуг відведення автошляхів на вулицях Привокзальна, Г. Кондратьєва ГДК перевищено у 2 рази, а по вул. Роменській – у 4 рази. Однак при цьому потрібно зауважити, що при віддаленні від автошляхів рівень забруднення зменшується й знаходиться у межах норми – на відстані 50 м перевищення вмісту арсену на вул. Харківській складає 25 %, Роменській – 12 % від гранично-допустимої концентрації.

#### Бібліографічні посилання:

1. Gal'perin, M. V. (2003). *Jekologicheskie osnovy prirodopol'zovanija* [Ecological bases of nature management], FORUM: INFRA-M, Moskva, 256.
2. Bychinskiy, V. A., & Vashukevich, N. V. (2008). *Tjzhelye metally v pochvah v zone vlijanija promyshlennogo goroda* [Heavy metals in soils in the industrial zone of influence]. *Izd-vo Irkutskogo universiteta*, Irkutsk, 130 (in Russian).
3. A national perspective on the state of technogenic and natural safety in Ukraine in 2004. p.3.2 (2005). *Development of threats to chemical problems*. Kyiv, 67–72 (in Ukrainian).
4. Panas, R. & Malanchuk, M. (2009). *Klasyfikacija tehnogennyh g'runtiv: suchasni metodychni pidhody* [Classification of technogenic soils: modern methodical approaches]. National University "Lvivska Politehnika". *Geodesy, cartography and aerial photography*, 72, 122–127. [Electronic resource]. Access mode: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/7143/1/19.pdf> (in Ukrainian).
5. Iutyn'ska, G. O., Lohans'ka, V. Y., Pindrus, A. A., & Yamborko, N. A. (2006). *Bioremediacija g'runtiv, zabrudnennyh pestycydami* [Bioremediation of runtivs enriched with pesticides]. I-st All-Ukrainian zezd of ecologists. *Mizhnar. science and technology Conf.*, 4–7 October 2006. *Tezi special stages*. Vinnytsya, 134 [Electronic resource]. Access mode: [http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/1vze/3\\_s\\_1VZE.pdf](http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/1vze/3_s_1VZE.pdf) (in Ukrainian).
6. Zabelina, O. N. (2014). *Ocenka jekologicheskogo sostojanija pochvy gorodskih rekreacionnyh territorij na osnove pokazatelej biologicheskoy aktivnosti (na primere g. Vladimira)* [Assessment of the ecological state of the soil of urban recreational territories on the basis of indicators of biological activity (on the example of Vladimir)]: *dis. cand. biol. sciences: 03.02.08. Vladimir*, 147 (in Russian).
7. Khristenko, S. I., Shatokhina, S. F., Miroshnichenko, M. M., & Fateev, A. I. (2002). *Vplyv polielementnogo zabrudnennja na formuvannja i funkcionuvannja mikrobnogo cenozu chornozemu opidzolenogo* [Influence of polyelement pollution on the formation and functioning of the microbial coenosis of podzolic chernozem]. *Visnyk of Zaporizhzhya State University. Fyzyko-matematychni i biologichni nauky*, 2, 153–156 (in Ukrainian).

8. Nikitenko, M. A. (2007). Vlihanie urbanizacii na transformaciju pochvennogo pokrova i uslovija funkcionirovanija drevesnyh rastenij gorodov Srednego Predural'ja: na primere g. Sarapula i g. Kambarki [Influence of urbanization on the transformation of the soil cover and the conditions of the functioning of woody plants in the cities of the middle Cis-Urals (on the example of Sarapul and Kambarka)]: dis. Cand. biol. Sciences: 03.00.16. Izhevsk, 193 (in Russian).
9. Matvijchuk, L. Ju. (2008). Osoblyvosti zabrudnennja vazhkymy metalamy pryavtomagistral'nyh terytorij Volyns'koi' obla-sti [Particularities of obstruction with important metals in the autonomous territories of the Volyn region]: Avtoref. dys. ... kand. geogr. nauk. – L'viv: L'vivs'kyj nacional'nyj universytet imeni. Ivana Franka (in Ukrainian).
10. Vanchura, R. B. (2011). Eksperemental'ni doslidzhennja vmistu vazhkyh metaliv v ohoronnyh zonah avtomagistralej [Experimental advances against important metals in guard zones of motorways]. Geode-zija, kartografija i aerofotoznmannja, 75, 110–115 (in Ukrainian).
11. Kurbatova, A. S., Gerasimova, S. A., Reshetina, T. V., Fedorov, I. D., Bashkin, V. N., & Shcherbakov, A. B. (2005). Ocenka sostojanija pochv i gruntov pri provedenii inzhenerno-jekologicheskikh izyskanij. Serija: Jekologicheskoe soprovozhdenie gradostroitel'noj dejatel'nosti [Assessment of the state of soils and grounds during engineering and environmental surveys]. Series: Environmental support for urban planning activities. Nauchny mir, Moskva, 180 (in Russian).
12. Zhovyns'kyj, E. Ja., & Kurajeva, I. V. (2002). Geohimija vazhkyh metaliv u g'runtah Ukrai'ny [Geochemistry of important metals at the Ukrainian soils]. Naukova dumka, Kyi'v, 213 (in Ukrainian).
13. Kurajeva, I. V., Samchuk, A. I., Sorokina, L. Ju., Golubcov, O. G., & Vojtjuk Ju. Ju. (2010). Rozpodil vazhkyh metaliv u g'runtah pivdenopolis'kyh landshaftiv Kyjeva ta prymis'koi' zony [Distribution of important metals in the soil of southern Polyssya landscapes of Kyiv and suburban zone]. Mineralogichnyj zhurnal, 1, 77–91.
14. Akbar, K. F., Hale, W. H., Headley, A. D., & Athar, M. (2006). Heavy metal contamination of roadside soil of Northern England. Soil and Water Resources, 4, 158–163.
15. Petruk, V. G., Vasilivsky, I. V., Ishchenko, V. A., Petruk, R. V., & Turchik, P. M. (2013). Normuvannya of antropogenic navantazhennya on the navkolishne middle ground. Chastina 1. Normuvannya Ingridintnogo obrudnennya [Standardization of anthropogenic load on the environment. Part 1. Standardization of ingredient contamination]. Navchalniy posibnik. VNTU, Vinnytsya, 253 (in Ukrainian).
16. DSTU 4768:2007-27. Ohorona g'runtiv. Ekologichne normuvannya antropogenic navantazhennja na g'runtovyj pokryv. Osnovni polozhennja [DSTU 4768:2007-27. Soil protection. Ecological rationing of anthropogenic load on the soil cover. Substantive provisions].
17. DSTU 3980-2000 G'runtiv. Fyzyko-himija g'runtiv. Terminy ta vyznachennja [DSTU 3980-2000 Soils. Physico-chemistry of soils. Terms and definitions].
18. DSTU 4976:2008 Ohorona navkolyshn'ogo pryrodnogo seredovyshha. Kompleks standartiv u sferi ohorony g'runtiv. Osnovni polozhennja [DSTU 4976:2008 Environmental protection. A set of standards in the field of soil protection. Substantive provisions].
19. Pilipenko, Yu. V., & Skok, S. V. (2015). Ocinka rivnja zabrudnennja g'runtu vazhkymy metalamy v mezhah mis'koi' systemy (na prykladi m. Herson). Biologija ta valeologija [Assessment of the level of obstruction to the ground with important metals in the boundaries of the city system (on the example of the city of Kherson). Biology and valeology. Collection of Science Practitioners of Kharkiv National Pedagogical University im. H. Skovorody, 17, 138–145 (in Ukrainian).
20. Fateev, A. I., Samokhvalova, V. L., & Naidenova, O. E. (2006). Analiz stanu zabrudnennja vazhkymy metalamy g'runtu za biologichnymy pokaznykamy [Analysis of the state of heavy metal contamination of the soil by biological indicators]. Bulletin of KhNU named after V. Karazin. Series Biology, 3(729), 158–167 (in Ukrainian).
21. Dabahov, M. V., Dabahova, E. V., & Titova, V. I. (2005). Jekotoksikologija i problemy normirovanija [Ecotoxicology and problems of rationing]. Nizhniy Novgorod, 165 (in Russian).
22. Medvedev, V. V. (2002). Monitoryng g'runtiv v Ukrai'ni [Monitoring of soils in Ukraine]. Antikva, Kharkov, 428 (in Russian).
23. Piven', M. V. (2008). Antropologichne peretvorennya r'untovogo pokryvu mis'kih ta primis'kih teritorij. [Anthropological re-creation of the ground cover of the small and primitive territories]. Suchasni problemi ekologii ta gidrotehnologij, 17, 386–388 (in Ukrainian).
24. Kernichna, O. O. (2002) Landshaftnij analiz industrial'no-urbanizovanih teritorij (na prykladi mista Dnipropetrovs'ka) [Landscape analysis of industrial-urbanized territories (in the application of the place Dnipropetrovska)]. Author. dis. on the science. steps of cand. geographer. Sciences: spec. 11.00.11 "Constructive geography and rationalization of natural resources". Kharkiv, 22. (in Ukrainian).
25. Karmazinenko, S. P., Kuraeva, I. V., Samchuk, A.I., Voytjuk, Y. Y., & Manichev, V. I. (2014). Vazhki metali u komponentah navkolishn'ogo seredovyshha m. Mariupol' (Ekologo-geohimichni aspekti) [Heavy metals in the components of the environment of Mariupol (ecological and geochemical aspects)]. Interservis, Kyiv, 168 (in Ukrainian).
26. Grabac, N. H., & Budykina, Y. I. (2014). Tehnogenno zabrudneni zemli ta shljahi ih bezpechnogo vikoristannja v agropromislovomu virobnictvi [Man-made contaminated lands and ways of their safe use in agro-industrial production]. Scientific works. Ecology, 232(220), 83–87 (in Ukrainian).
27. Diadkova, K. L., & Kozlovskiy, V. I. (2012). Vazhki metali v r'untah zelenih zon mista Melitopolja (Zaporiz'ka oblast', Ukraina) [Heavy metals in the soils of the green zones of the city of Melitopol (Zaporizhia region, Ukraine)]. Pedology, 13, 1–2, 79–83 (in Ukrainian).
28. DSTU 4287:2004. Jakist' r'untu. Vidbirannja prob [DSTU 4287:2004 Soil quality. Sampling].
29. DSTU ISO 10381-5. Jakist' r'untu. Probovidbirannja. Chastina 5. Nastanovi z proceduri doslidzhennja mis'kih ta promislovih



diljanok shhodo zabrudnennja rruntu (ISO 10381-5:2005, IDT) [DSTU ISO 10381-5: Soil quality. Sampling. Part 5. Guidelines for the procedure of research of urban and industrial areas on soil pollution. (ISO 10381-5:2005, IDT)]

30. Orientirovochno dopustimye koncentracii (ODK) tjazhelyh metallov i mysh'jaka v pochvah (Dopolnenie № 1 k perechnju PDK i ODK № 6229-91): Gigenicheskie normativy [Approximately permissible concentrations (APC) of heavy metals and arsenic in soils (Supplement No. 1 to the list of MPC and APC No. 6229-91): Hygienic standards]. Information and publishing center of the State Committee for Sanitary and Epidemiological Supervision of Russia, Moskva, 8 (in Russian).

31. Gross, E. & Vaysmantel, H. (1994). Himija dlja ljuboznatel'nyh [Chemistry for the curious]. St. Petersburg, Rech, 838. (in Russian).

32. Novikov, Yu. V. (2000). Jekologija, okružhajushhaja sreda i chelovek [Ecology, environment and man]. FAIR-PRESS, Moskva, 320 (in Russian).

33. Zhuykova, T. V. & Bezel, V. S. (2018). Jekologicheskaja toksikologija [Ecological toxicology]. Yurit, Moskva, 564 (in Russian).

34. Mur, Dzh. & Ramamurti, S. (1987). Tjzhelye metally v prirodnyh vodah: Kontrol' i ocenka vlijanija [Heavy metals in natural waters: Monitoring and evaluation of the impact]. Per. s angl., Mir, Moskva, 288.

35. Petrovska, M. (2014). Ekologichna toksykologija [Ecological toxicology: an initial methodical book]. Lviv, LNU imeni Ivana Franka, 116 (in Ukrainian).

36. Zhovinskiy, E. Ya., & Kuraeva, I. V. (2002). Geohimija tjazhelyh metallov v pochvah Ukrainy [Geochemistry of heavy metals in the soils of Ukraine]. Naukova dumka, Kyiv, 213 (in Russian).

37. Mineev, V. G. (2004). Agrohimiya [Agrochemistry]. Izd-vo Mosk. un-ta, Moskva, 719 (in Russian).

38. Kovda, V. A. (1985). Biogeohimiya pochvennogo pokrova [Biogeochemistry of soil cover]. Nauka, Moskva, 263 (in Russian).

39. Speidel, D. H., & Agnew, A. F. (1982). The natural geochemistry of our environment. Boulder (Col.). Westview press, 214.

40. Vodjanickij, Ju. N. (2008). Tjzhelye metally i metalloidy v pochvah [Heavy metals and metalloids in soils]. Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva, Moskva, 164.

41. Korchagina, K. V. (2014). Ocenka zagrjaznenija gorodskih pochv tjazhelymi metallami s uchetom profil'nogo raspredelenija ih obemnyh koncentracij [Assessment of pollution of urban soils with heavy metals, taking into account the profile distribution of their volumetric concentrations]. Avtoref. dis. ...kand.biol.nauk: 03.02.13: RAN, Moskva (in Russian).

42. Vovk, K. V. (2018). Geohimiya mikroelementiv v ob'ektah dovkillja Kyi'vs'koi' aglomeracii' [Geochemistry of microelements in the facilities of the Kiev agglomeration]. Avtoref. dys. ...kand.geol.nauk: 04.00.02: NANU, In-t geohimii', mineralogii' ta rudoutvorenija im. M.P. Semenena. Kyi'v, 20 (in Ukrainian).

43. Zhuk, O. A., Jazvyns'ka, M. V., & Radchenko, A. I. (2007). Vplyv Kyi'vs'kogo megapolisu na migraciju vazhkyh metaliv u g'runtah pryleglyh rekreacijnyh zon [The impact of the Kiev metropolis on the migration of heavy metals on the soils of adjacent recreational areas]. Mineralogichnyj zhurnal, 29(4), 75–81 (in Ukrainian).

44. Nacional'na dopovid' pro stan navkolyshn'ogo pryrodnogo seredovyshha v Ukrai'ni u 2009 roci [National report on the state of the environment in Ukraine in 2009] (2011). Kyi'v, Centr eko-logichnoi' osvity ta informacii', 383 (in Ukrainian).

45. Chanu, L. B., & Gupta, A. (2016). Phytoremediation of lead using *Ipomoea aquatica* Forsk. in hydroponic solution. Chemosphere, 156, 407–411. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.05.001

46. Tauqeer, H. M., Ali, S., Rizwan, M., Ali, Q., Saeed, R., Iftikhar, U., Ahmad, R., Farid, M., & Abassi, G. H. (2016). Phytoremediation of heavy metals by *Alternanthera bettzickiana*: Growth and physiological response. Ecotoxicology and Environmental Safety, 126, 138–146. doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.12.031

47. Das, D., & Mazumdar, K. (2016). Phytoremediation potential of a novel fern, *Salvinia cucullata*, Roxb. Ex Bory, to pulp and paper mill effluent: Physiological and anatomical response. Chemosphere, 163, 62–72. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.08.013

48. Upadhyay, A. K., Singh, N. K., & Rai, U. N. (2014). Comparative metal accumulation potential of *Potamogeton pectinatus* L. and *Potamogeton crispus* L.: Role of enzymatic and non-enzymatic antioxidants in tolerance and detoxification of metals. Aquatic Botany, 117, 27–32. doi: 10.1016/j.aquabot.2014.04.003

49. Dobrovolskij, V. V. (1997). Biosfernye cikly tjazhelyh metallov i reguljatornaja rol' pochvy [Biosphere cycles of heavy metals and the regulatory of soil]. Pochvovedenie, 4, 431–441 (in Russian).

50. Raskin, I., Kumar, P.B.A.N., Dushenkov, S., & Salt, D. E. (1994). Bioconcentration of heavy metals by plants. Current Opinions in biotechnology, 5, 285–290. doi: 10.1016/0958-1669(94)90030-2

51. Prasad, I. M. (2003). Prakticheskoe ispol'zovanie rastenij dlja vosstanovlenija ekosistem, zagrjaznennyh metallami [Practical use of plants to restore metal-contaminated ecosystems]. Fiziologija rastenij, 50(5), 764–780 (in Russian).

**Tykhonova O. M.**, PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Kyrylchuk K. S.**, PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Shapoval V. P.**, Student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

#### **INVESTIGATION OF GROSS CONTENT OF NICKEL AND ARSENE IN MOTORWAY TRAINS OF SUMY**

The issue of studying the polluting impact of vehicles on the ecological condition of the city is important and urgent. An indicator of this impact are the soils of the right-of-way. Urban soils are a basic component of urban ecosystems, as they perform a number of important ecological and economic functions and largely determine the living conditions of people.

The purpose of the study is to conduct a quantitative analysis of the level of nickel and arsenic contamination of the surface

layer of the soil of the right-of-way of the main highways of Sumy.

It was found that compared to the background concentration, the nickel content in the soils of the reserve-technological strips at a distance of 1–2 m from the road is exceeded 2.3 times on the G. Kondratieva and Kharkivska streets, 2 times – on Metallurgiv and Romenska streets; at a distance of 10–13 m, the background concentration of 26 mg/kg was exceeded 2 times on Gerasim Kondratiev, 1.7 times – on the Romenskaya, Metallurgists, Kharkivskaya, Kovpaka streets. In the soils of protective strips at a distance of 50 m from the roads, the excess of the MPC, taking into account the background, was found on the street. Metallurgiv - by 30 %, Gerasim Kondratiev and Pryvokzalna – by 6 %. The lowest gross content of this element was found on Heroiv Krut and Myru streets, 19.5 and 22.5 mg/kg, respectively, which is 25,0 % and 13.5 % lower than Clark, respectively. Exceeding the maximum allowable concentration of arsenic was observed on almost all streets, except for the Bilopilska street. Thus, in soils of lanes of assignment of highways on Privokzalna, Gerasim Kondratiev streets the maximum concentration limit is exceeded 2 times, and on Romenskaya street – 4 times. However, it should be noted that when moving away from highways, the level of pollution decreases and is within normal limits - at a distance of 50 m exceeding the arsenic content on the Kharkivska street – 25 %, Romenska street – 12 % of the maximum allowable concentration.

**Key words:** heavy metals, nickel, arsenic, soil pollution, highway lanes.

Дата надходження до редакції: 29.08.2019 р.