

**ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОСТІ МІСЬКИХ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ
ОБ'ЄКТАМИ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ****І. О. РАБОШ**, аспірантка кафедри інженерної екології**О. В. КОФАНОВА**, доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук,
професор*Національний технічний університет України**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

E-mail: 2519@i.ua

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.003>

Анотація. У роботі представлені дослідження рівня фітотоксичності ґрунтів, що забруднені внаслідок функціонування об'єктів автотранспортного комплексу (АТК). Актуальність роботи визначається постійним збільшенням техногенного навантаження на довкілля з боку об'єктів АТК. Для досягнення визначеної мети дослідження використано комплекс теоретичних і експериментальних методів; оцінку рівня забруднення міських ґрунтів виконували за допомогою методів біотестування. Теоретичну цінність роботи представляють експериментальні дослідження ростових процесів тест-об'єктів на обраних субстратах. Визначено частку пророслого насіння крес-салату, середню висоту наземної стеблової частини рослини за досліджувани періоди. За

результатами експерименту встановлено, що ростові процеси рослин, пророщених на досліджуваних зразках ґрунтів, пригнічені порівняно з фоновим зразком ґрунту. На основі аналізу та статистичної обробки експериментальних даних встановлено фітотоксичний ефект досліджуваних міських ґрунтів. Виявлено сильний рівень забруднення зразків, взятих поблизу з автотранспортом, автозаправними станціями та автостоянками. Експериментальні дослідження вказують на нагальну необхідність проведення превентивних заходів із метою недопущення потрапляння шкідливих речовин до педосфери та водних об'єктів.

Ключові слова: автотранспортний комплекс, забруднення ґрунтів, шкідливі речовини, педосфера, біотестування, фіто-тест

Актуальність. Майже всі об'єкти АТК чинять сильний негативний вплив на ґрунти та поверхневі води міських екосистем. Проте на практиці виявляється дуже важко адекватно оцінити стан міських екосистем, у тому числі й ґрунтів, порушених

антропогенною діяльністю, особливо у випадку комплексного техногенного забруднення. Стрімкий розвиток автотранспортної інфраструктури призводить до скорочення частки «здорових» ґрунтів, у той час, як загальна кількість антропогенно

Рабош І. О., Кофанова О. В.

порушених земель зростає [1]. Не завжди є можливість встановити залежність між вмістом шкідливої речовини (ШР) у середовищі та його придатністю для життя біоти. Ґрунти можуть бути сильно забруднені, але нетоксичні (слабко токсичні) і, навпаки, слабо забруднені, однак дуже токсичні.

Водночас токсичність одних сполук може бути нейтралізована чи підсилена дією інших. Отже, необхідним є встановлення інтегральної токсичності ґрунтів, яка відображає вплив усього комплексу шкідливих елементів та їх сполук на біоту [2, 3]. Ефективним методом оцінки екологічного стану антропогенно порушених земель є, наприклад, метод біотестування, заснований на реакціях-відповідях біоти на техногенний тиск.

Аналіз останніх досліджень. Відомо, що основний негативний вплив на стан придорожніх ґрунтів і прилеглих до об'єктів АТК (автомийні комплекси, автозаправні станції (АЗС), станції технічного обслуговування тощо) чинять протиожеledні реагенти, нафтопродукти, у тому числі розливи мастил та моторних палив, автомийні засоби тощо; аерозольне осадження ШР у ґрунтовий покрив з відпрацьованих газів автотранспортних засобів (АТЗ) [1].

Численні дослідження показали, що поблизу АЗС існує стійкий підвищений рівень забруднення

снігового покриву гідросульфатами і хлоридами, що чинить негативний вплив на кислотність та засоленість середовища навесні [4]. Поблизу автомагістралей у сніговому покриві виявлено надмірні кількості пилових частинок, що також зумовлено застосуванням протиожеledних засобів взимку та механічним виносом компонентів дорожнього покриття, шин та ін. [4]. Отже, існує реальна загроза для життєдіяльності біотичної складової міських ґрунтових екосистем.

За таких умов особливу роль відіграє саме загальна кількість так званих біологічно доступних сполук – рухливих, водорозчинних форм токсикантів, а не їх валовий вміст. Відомо, що токсичність ґрунту й рухливість у ньому ШР залежать від кислотності середовища, а також від його гранулометричного і мінералогічного складу, гумусового стану тощо [5]. Отже, внаслідок накопичення ШР у ґрунтах і рослинах та через потрапляння їх до харчових ланцюгів виникає токсичний тиск на імунну та генетичну системи людини, погіршується стан здоров'я та умови життєдіяльності населення.

Методи фізико-хімічного аналізу водних ґрунтових витяжок ефективні, як для якісного, так і для кількісного визначення вмісту токсикантів у досліджуваному середовищі. Для визначення токсичності ґрунтів для рослинного і тваринного світу

Рабош І. О., Кофанова О. В.

доцільним є застосування біологічних тест-об'єктів [6, 7]. Є велика різноманітність методів біотестування, зокрема фіто-тестів. До них відносять, наприклад, вирощування рослин на субстратах, токсичність яких потрібно визначити (грунти, вода тощо), а також полив проростків рослин досліджуваними розчинами (водні ґрунтові витяжки або ж стічні води) [8–10].

Мета роботи – оцінка токсичності ґрунтів поблизу об'єктів АТК за допомогою методу фітотестування для визначення рівня їх антропогенного забруднення.

Матеріали і методи дослідження. Контакт рослин із ґрунтом, а отже, і з токсикантами відбувається через кореневу систему, яка є дуже чутливою до наявності ШР. Отже, як показники для оцінки якості досліджуваного середовища використовується довжина коренів рослин та висота їх наземної стеблової частини [11]. За даними експертів, пригнічення росту і розвитку тест-об'єктів на 20 % і вище свідчить про фітотоксичність ґрунту та потребує заходів з його нейтралізації [12, 13].

У дослідженні як тест-рослину використовували насіння крес-салату. Ця рослина є інформативною у разі забруднення середовища важкими металами, вуглеводнями, радіонуклідами тощо, а також за комплексного забруднення ґрунтів [2]. Перевагою цього фітоіндикатора є швидке проростання насіння і майже повне сходження паростків, що сильно

пригнічується у присутності токсикантів.

Для біотестування обрано декілька видів зразків ґрунтів, детально описаних у роботі [14]; відбір проб ґрунту здійснювали згідно з методикою [15]. Для аналізу використано проби ґрунтів найбільш типових об'єктів АТК, які разом з потоком АТЗ по автомагістралі чинять підвищений тиск на довкілля. Це, наприклад, такі об'єкти м. Києва, як АЗС Amic Energy, просп. Перемоги, 34 (проба № 1); автомийка, просп. Космонавта Комарова, 42 (проба № 2); СТО Київ-Авто-Сервіс, просп. Леся Курбаса, 1а/3 (проба № 3); автостоянка, просп. Космонавта Комарова, 48 (проба № 4). Контрольну (фонову) пробу відібрано у сільській місцевості на Олевщині (Житомирська область), де вплив з боку автотранспорту майже відсутній (проба № 5).

Для дослідження використовували чисті посудини, куди вносили 150–200 г ґрунту і висаджували у кожен по 15 насінин крес-салату. Попередньо насіння замочувалось у дистильованій воді впродовж 3-ох годин. Обов'язковою умовою проведення експерименту була підтримка постійної вологості досліджуваного ґрунтового зразка; тривалість дослідження становила 2 тижні. Визначення проводили за методикою, описаною у роботах [16, 17].

Результати дослідження та їх обговорення. У ході дослідження фіксувалися такі параметри, як час проростання насіння; загальна кількість насінин, що зійшли; висота стебел на першому та другому тижні експерименту. Упродовж усього

експерименту спостерігалися та фіксувалися зміни у стані рослин на різних стадіях їх розвитку. Кількість насінин, що зійшли під час різних етапів експерименту, наведено на рис. 1.

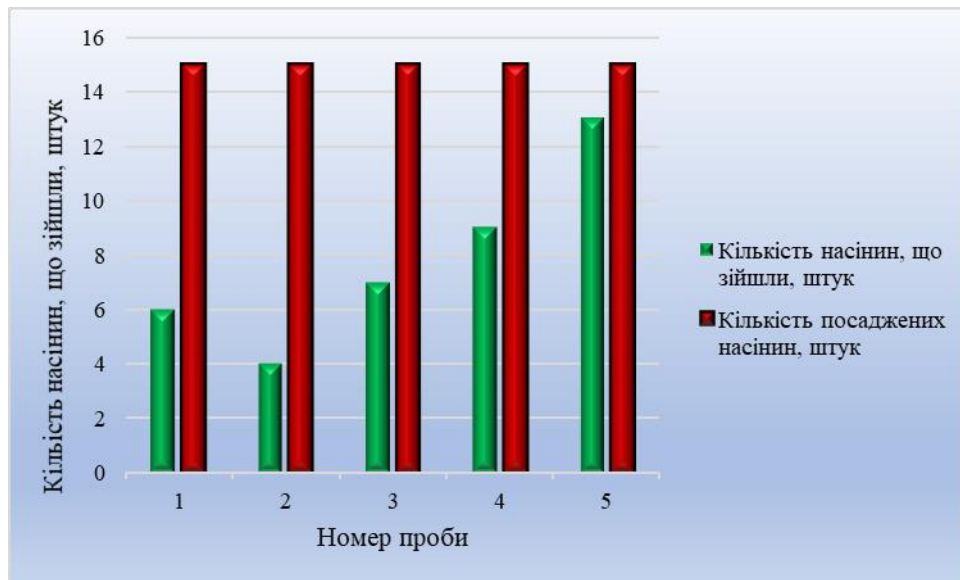


Рис. 1. Загальна кількість насінин крес-салату, що зійшли за час експерименту, штук

На етапі сходження насіння виконувалася візуальна оцінка стану пророслих рослин, а саме: фіксували міцність стебел, рівність, колір наземної частини тощо. Уже на етапі пророщування можна дати приблизну оцінку рівня забруднення субстрату. Наприклад, якщо паростки дрібні, тонкі, спостерігається раннє

пожовтіння рослини, а частка насіння, що зійшло, менше 20 % від загальної кількості, то має місце сильний рівень забруднення середовища. Вимірювані значення висоти стебел крес-салату, що зійшли впродовж експерименту (на першому та другому тижні дослідження), наведено на рис. 2.

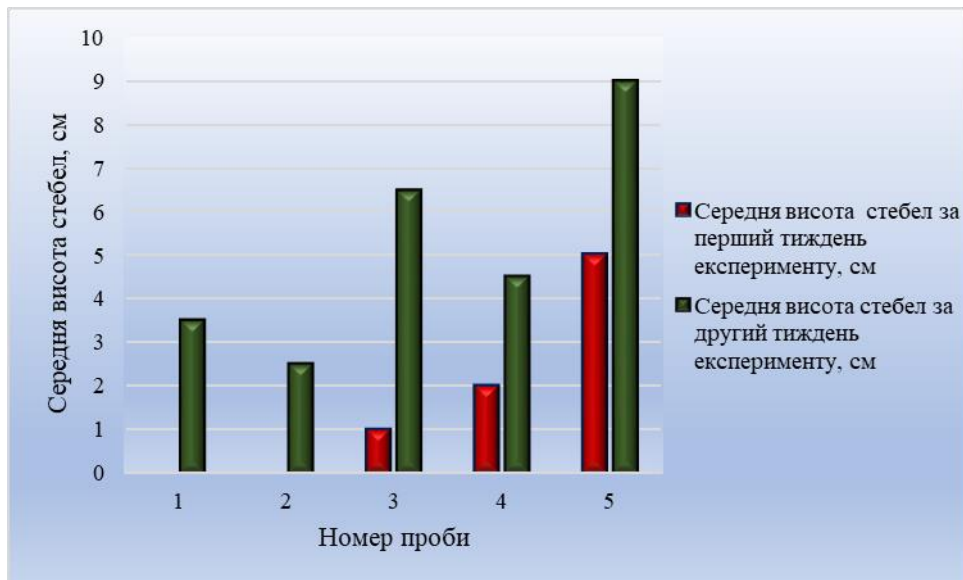


Рис. 2. Середня висота стебел рослин упродовж експерименту, см

Фітотоксичний ефект визначається у відсотках за будь-яким біопараметром, наприклад, за масою рослин, довжиною кореневої або стеблової системи, кількістю пригнічених рослин або кількістю насінин, що зійшли тощо. У нашому експерименті біопараметром для розрахунку обрано висоту стебел рослин, що проросли за час всього експерименту.

Фітотоксичності розраховували за формулою [17]:

$$\Phi E = (B_0 - B_x) / B_0 \cdot 100, \%$$

де B_0 – значення біопараметра (висота стебел) у посудині з контрольним зразком, см; B_x – значення аналогічного біопараметра у посудині з досліджуваними зразками, см. Результати визначення наведено на рис. 3.

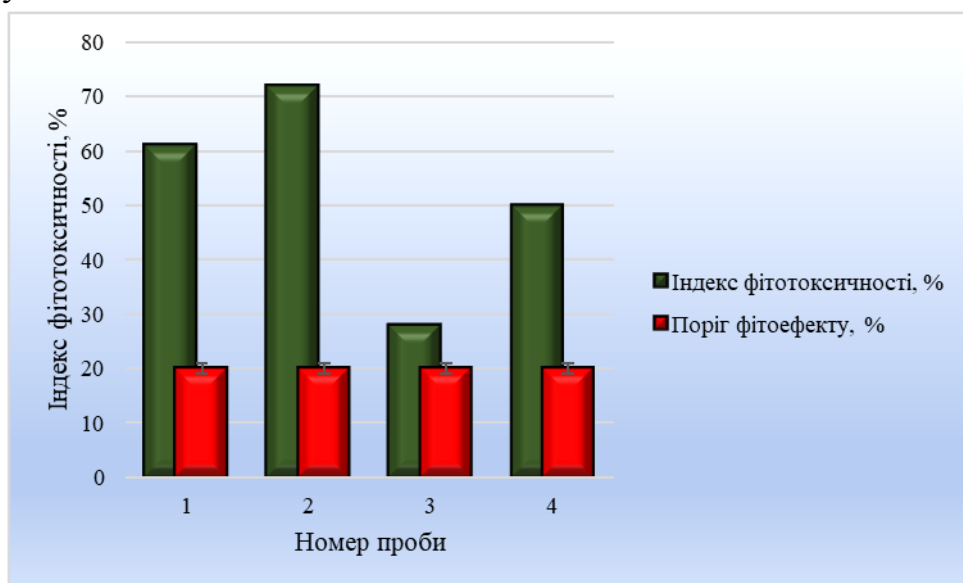


Рис. 3. Показник фітотоксичності досліджуваних зразків ґрунту, %

Рівні забруднення досліджуваного середовища

Рабош І. О., Кофанова О. В.

оцінювали за шкалою [13]:

1. Забруднення відсутнє – сходження насіння 90–100 %; паростки однорідні, щільні, міцні, рівні.

2. Забруднення слабе – сходження насіння 60–90 %; паростки майже однакової довжини, міцні.

3. Забруднення середнє – сходження 20–60 %; паростки тонкі, порушені морфологічно.

4. Забруднення сильне – сходження до 20 %; паростки дрібні, спотворені.

Показник фітотоксичності має прямопропорційну залежність із рівнем техногенного навантаження на екосистеми [5]. Однак водночас необхідно враховувати також і вплив факторів зовнішнього середовища, в тому числі комплексні утворення ШР у досліджуваних зразках ґрунту, його тип та потенційну родючість кожної насінини тощо. Різниця у фітотоксичності ґрунтів також може бути зумовлена особливостями їх гранулометричного складу, різним вмістом гумусу тощо. Проведений аналіз показав, що всі досліджувані ґрунтові екосистеми міста функціонують у антропогенно порушеному режимі. Подальше зростання техногенного навантаження на урбоекосистеми може призвести до змін буферних властивостей ґрунтів, сприяти переходу нерозчинних форм токсикантів у розчинну, міграційну форму, що ще більше підвищить їх

біонебезпеку.

Висновки і перспективи подальших досліджень. За результатами експерименту встановлено, що забруднення ґрунтів поблизу об'єктів АТК солями слабких кислот (сульфатами, хлоридами), зваженими речовинами (до яких входять Цинк, Нікель, Купрум, Ванадій, сажа тощо), нафтопродуктами та синтетичними поверхнево-активними речовинами (ПАР) сильно впливає на ростові процеси рослин. Візуальним свідченням є тонкі паростки, ненасичений зелений колір, менша висота стебел та рідке сходження паростків на пророщених субстратах. Частка насіння, що зійшло у 4-ох досліджуваних зразках ґрунтів, відповідно становить 40 %, 27 %, 47 %, 60 %.

Виявлений фітотоксичний ефект є вище 20 % у всіх досліджуваних зразках ґрунтів і відповідно дорівнює 61 %, 72 %, 28 % та 50 %. Критичні значення визначені в першому та другому зразках. Найгіршим субстратом для росту рослин є ґрунти, проби яких було відібрано поблизу автотранспортних комплексів, оскільки зі стічними водами або ж внаслідок розливів відбувається надмірне потрапляння ШР у ґрунтовий шар, що негативно впливає на ріст і розвиток рослин. Експериментальні дослідження вказують на нагальну необхідність проведення превентивних заходів із

метою недопущення потрапляння ШР

Список використаних джерел

1. Луканін В. Н., Трофименко Ю. В. Промислово-транспортна екологія: підруч. для вузів. М.: Вища шк., 2003. 273 с.
2. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. *Наук. Вісник КУЕІТУ, Нові технології*. 2010. № 3 (29). С. 164–171.
3. Бешлей З. М., Бешлей С. В., Баранов В. І., Терек О. І. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів *Вісник Харківського нац. аграрного ун-ту. Сер.: Біологія*. 2014. Вип. 1 (31). С. 97–102.
4. Рабош І. О., Кофанова О. В., Підгорний А. В. Оцінка екологічного стану територій автозаправних станцій, розташованих поблизу автомагістралей. *Нові рішення в сучасних технологіях*. 2018. № 9 (1285). С. 236–242.
5. Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. Ґрунтознавство: підручник. Чернівці : Книги-XXI., 2004. 400 с.
6. Бережняк М. Ф. Лабораторний практикум з ґрунтознавства. Методичні матеріали К.: Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України, 2012. 271 с.
7. Терек О. І. Ріст рослин. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 24 с.
8. Джура Н. М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів. Біологічні до педосфери та водних об'єктів. студії. *Studia Biologica*. 2011. Т. 5, № 3. 196 с.
9. Nadgorska-Socha A. Air pollution tolerance index and heavy metal bioaccumulation in selected plant species from urban biotopes. *Chemosphere*. 2017. Vol. 183. P. 471–482
10. Laffray X. Biomonitoring of traffic-related nitrogen oxides in the Maurienne valley (Savoie, France), using purple moor grass growth parameters and leaf 15N/14N ratio. *Environmental Pollution*. 2010. Vol. 158, No. 5P. 1652–1660.
11. Біоіндикація. [Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»] / А. І. Горова та ін. Нац. гірничий ун-т. Донецьк, 2014. 76 с.
12. Якість ґрунту. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Ч. 1. Метод визначення гальмівної дії на ріст коренів (ISO 11269-1:1993, IDT): ДСТУ ISO 11269-1:2004. [Чинний від 2005-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
13. Якість ґрунту. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Ч. 2. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин (ISO 11269-2:1995, IDT): ДСТУ ISO 11269-2:2002. [Чинний від 2004-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 14 с.
14. Рабош І. О., Кофанова О. В., Підгорний А. В. Вивчення забруднення урбаноземів об'єктами

Рабош І. О., Кофанова О. В.

автотранспортного комплексу. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 2. С. 133–142.

15. Якість ґрунту. Відбір проб. Ч. 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб (ISO 10381–1:2002, IDT): ДСТУ ISO 10381–1:2004. [Чинний від 2006-04-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2006. 13 с.

16. Даннетт С. В. Множинна порівняльна процедура для кількох обробок. *Журнал американського товариства статистиків*. 1955. Т. 50. С. 1096–1121.

17. Бедункова О. О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Біомоніторинг навколишнього середовища». Рівне : НУВГП, 2017. 32 с.

References

1. Lukanin, V., Trofymenko, Yu. (2003). *Promyslovo-transportna ekolohiia: pidruch. dlia vuziv [Industrial and transport ecology]*. Vyshcha shk, 273.

2. Hubachov, O. (2010). Osoblyvosti vykorystannia roslyn dlia biotestuvannia gruntiv z metoiu vyznachennia rivnia ekolohichnoi bezpeky promyslovykh terytorii [Features of the use of plants for biotesting soils in order to determine the level of environmental safety of industrial areas]. *Nauk. Visnyk KUEITU, Novi tekhnologii. – [Scientific Bulletin of KUEITU, New Technologies]*, 3 (29), 164–171.

3. Beshlei, Z., Beshlei, S., Baranov, V., Terek, O. (2014). Vykorystannia roslynnykh test-system dlia otsinky toksychnosti tekhnogenno zabrudnennykh substrativ [Use of plant test systems to assess the toxicity of technogenically contaminated substrates]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho*

universytetu. Serii: Biolohiia. [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series: Biology], 1 (31), 97–102.

4. Rabosh, I., Kofanova, O. Pidhornyi, A. (2018). Otsinka ekolohichnoho stanu terytorii avtozapravnykh stantsii, roztashovanykh poblyzu avtomahistrule [Assessment of the ecological status of the territories of filling stations located near motorways]. *Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh [New solutions in modern technologies]*, 9 (1285), 236–242, doi:10.20998/2413-4295.2018.09.34.

5. Nazarenko, I., Polchyna, S., Nikorych, V. (2004). *Gruntoznavstvo [Pedology]*, Chernivtsi, 400.

6. Berezhniak M. Laboratornyi praktykum z gruntoznavstva. Metodychni materialy [Laboratory Workshop on Soil Science. Methodical materials]. Kyiv: Natsionalnyi universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. [Kyiv: National University of Bioresources and Natural Resources of Ukraine], 2012, 271.

7. Terek, O. I. (2007). Rist roslyn [Plant growth], Lviv, 24.

8. Dzhura, N. M. (2011). Mozhlyvosti vykorystannia roslynnykh test-system dlia biomonitorynhu naftozabrudnennykh gruntiv [Possibilities of using plant test systems for biomonitoring of oil contaminated soils]. *Biolohichni studii [Studia Biologica]*, 5, 3, 183–196.

9. Air pollution tolerance index and heavy metal bioaccumulation in selected plant species from urban biotopes (2017). Nadgorska-Socha A. et al. *Chemosphere*, 183, 471–482

10. Laffray, X., Rose, C., Garrec, J.-P. (2010). Biomonitoring of traffic-related nitrogen oxides in the Maurienne valley

Рабощ І. О., Кофанова О. В.

(Savoie, France), using purple moor grass growth parameters and leaf $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ratio. *Environmental Pollution*, 158, 5. 1652 – 1660.

11. Horova, A., Pavlychenko, A., Borysovska, O., Gruntova, V., Demenko, O. (2014). Bioindykatsiia. Metodichni rekomendatsii do vykonannia laboratornykh robot studentamy napriamu pidhotovky 6.040106 «Ekolohiia, okhorona navkolyshnoho seredovyshcha ta zbalansovane pryrodokorystuvannia» [Bioindication. Methodical recommendations for the implementation of laboratory works by the direction of training 6.040106 "Ecology, environmental protection and sustainable use of nature"] Natsionalnyi himychnyi universytet, 76.

12. Yakist gruntu. Vyznachannia dii zabrudnykiv na floru hruntu. Ch. 1. Metod vyznachennia halmivnoi dii na rist koreniv (2004). (ISO 11269-1:1993, IDT): DSTU ISO 11269-1:2004. [Chynnyi vid 2005-07-01], Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 14.

13. Yakist gruntu. Vyznachannia dii zabrudnykiv na floru hruntu. Ch. 2. Vplyv khimichnykh rehovyn na prorostannia ta rist vyshchykh roslyn (2004). (ISO 11269-2:1995, IDT):DSTU ISO 11269-2:2002. [Chynnyi vid 2004-07-01],

Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 14.

14. Rabosh, I., Kofanova, O. Pidhornyi, A. (2018). Vyvchennia zabrudnennia urbanozemiv ob'iektamy avtotransportnoho kompleksu [Study of pollution of urban areas by objects of the motor transport complex]. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. [Power engineering: economics, technology, ecology], 2, 133 – 142.

15. Yakist gruntu. Vidbir prob. Ch. 1. Nastanovy shchodo skladannia proham vidbyrannia prob (2006). (ISO 10381-1:2002, IDT): DSTU ISO 10381-1:2004. [Chynnyi vid 2006-04-01]. Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 13.

16. Dannett, S. (1955). Mnozhynna porivnialna protsedura dlia kilkokh obrobok [Multiple comparative procedure for several treatments]. *Zhurnal amerykanskohto tovarystva statystyky*, 50, 1096–1121.

17. Biedunkova, O. (2017). Metodichni vkazivky do vykonannia laboratornykh robot z dystsypliny «Biomonitorynh navkolyshnoho seredovyshcha» [Methodical instructions for the implementation of laboratory works on the discipline "Biomonitoring of the environment"], Rivne : NUVHP, 32.

ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОБЪЕКТАМИ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

И. А. Рабощ, Е. В. Кофанова

Аннотация. В работе представлены исследования уровня фитотоксичности почв, загрязненных в результате функционирования объектов автотранспортного комплекса (АТК). Актуальность работы определяется

постоянным увеличением техногенной нагрузки на окружающую среду со стороны АТК. Для достижения поставленной цели использованы теоретические и экспериментальные методы; оценка уровня загрязнения городских почв выполнена с помощью методов биотестирования. Теоретическую ценность представляют экспериментальные исследования ростовых процессов тест-объектов на исследуемых субстратах. Определена

Рабош І. О., Кофанова О. В.

доля пророслих семян кресс-салата, средняя высота наземной стеблевой части растений при проведении эксперимента. По результатам эксперимента установлено, что ростовые процессы растений, пророщенных на исследуемых образцах почв, угнетены по сравнению с фоновым образцом. На основе анализа и статистической обработки экспериментальных данных установлен фитотоксичный эффект исследуемых почв. Выявлен сильный уровень загрязнения образцов, взятых вблизи автомоек, автозаправочных станций и автостоянок. Экспериментальные исследования указывают на необходимость проведения превентивных мероприятий с целью предупреждения попадания вредных веществ в педосферу и водные объекты.

Ключевые слова: автотранспортный комплекс, загрязнение почв, вредные вещества, педосфера, биотестирование, фито-тест

bioindication investigations has been carried out. The theoretical value is represented by the experimental study of the growth processes of test objects on the studied substrates. The proportion of germinated cress seeds and the average height of the ground stem parts of plants were determined for the experiment period. It was found that the growth processes of plants germinated on the soil samples are suppressed compared to the background sample. On the basis of the analysis and statistical processing of data, the phytotoxic effect of the studied soil samples was established. A strong level of soil pollution near the car washes, filling stations and car parks was determined. Experimental studies indicate the need for measures in order to prevent the ingress of harmful substances into the pedosphere and water objects.

Key words: motor transport complex, soil contamination, harmful substances, pedosphere, biotesting, phyto-test

ESTIMATION OF THE PHYTOTOXICITY OF URBAN SOILS CONTAMINATED BY MOTOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS

I. Rabosh, O. Kofanova

Absract. The study considers the level of phytotoxicity of soils contaminated in a result of the functioning of the objects of the motor transportation complex. The relevance of the work is determined by the amplification of the anthropogenic load on the environment from the road transport infrastructure. The theoretical and empirical methods were used to achieve the goal; the assessment of the pollution level of the urban ecosystems environment by means of the