

УДК 504.42

**А. І. ВОЛКОВ**, канд. геогр. наук, доц.  
*Одеський державний екологічний університет*  
ул. Львовская, 15, м. Одеса, 65016, Україна  
e-mail: [andrew\\_v@rambler.ru](mailto:andrew_v@rambler.ru)

### АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ (ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГІС)

**Мета.** Просторовий аналіз забруднення важкими металами ґрунтового покриття навколо підприємства ВАТ «Будазот» (Житомирська область, Україна). **Методи.** Інструменти просторового аналізу сучасного ГІС-паketу QGIS, методи багатовимірного статистичного аналізу. **Результати.** Проаналізовані проби ґрунту у чотирьох напрямках рози вітрів на відстані 1 км, 2,5 км, 5 км, 10 км на глибині 20 см. Основними забруднюючими речовинами є: Pb, Zn, Cu, Cd та Hg. Для інтерполяції полів концентрації вказаних речовин застосовано модуль інтерполяції QGIS. Сформований комплексний показник, який за методом кластерного аналізу ґрунтового покриття навколо території підприємства ВАТ «Будазот» (Житомирська область, Україна) визначив райони різного ступеню забруднення. **Висновки.** Максимальний рівень забруднення ґрунтового покриття відповідає північно-західній частині території, що досліджується; забруднення, що викликане функціонуванням підприємства не впливає на стан ґрунтів селітебної зони міста Житомир.

**Ключові слова:** забруднення, ґрунт, важкі метали, геоінформаційна система, кластерний аналіз, Житомирська область

**Volkov A. I.**

*Odessa State Environmental University*

### ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION WITH HEAVY METALS UTILIZING GEOGRAPHICAL INFORMATIONAL SYSTEMS

Anthropogenic violations of soil cover lead to serious problems and the degradation of the entire natural complex, which in the end poses a threat to human health and life. **Purpose.** To analyze the area around company 'Budazot' (Zhitomirskaya region, Ukraine) by soil contamination with heavy metals. **Methods.** The author used QGIS spatial analysis tools and methods of multidimensional statistical analysis (cluster analysis). **Results.** The soil samples were analyzed in four directions of winds at a distance of 1 km, 2.5 km, 5 km, 10 km at a depth of 20 cm. The main pollutants are: Pb, Zn, Cu, Cd and Hg. For the interpolation of the concentration fields of these substances, a QGIS interpolation module was used. To obtain an integral picture representing the distribution of soil contamination around the enterprise, it is necessary to form a vector value X that will allow zoning the territory with the use of the cluster analysis algorithm. The area which surrounds company "Budazot" (Zhitomirskiy region, Ukraine) has been assessed. The analysis of soil pollution with heavy metals has been performed for area in question. The initial data concerning soil pollution has been arranged and spatial database designed. There has been developed geographical informational system which was used for zoning area surrounding company "Budazot" with heavy metal pollution. The received bank of spatial data, on the basis of soil sampling analysis, can be updated and used by the company management to further control the pollution of the environment by heavy metals. **Conclusion.** Soil contamination is spread due to air transfer, since according to the wind rose in this area there is mainly a south-easterly direction of the wind, which requires the construction of additional structures in the places of overloading of the cliffs. The areas with higher level of soil contamination with heavy metals have been revealed.

**Key words:** soil, pollution, heavy metals, geographical informational system, cluster analysis, Zhitomirsky region

**Волков А. И.**

*Одесский государственный экологический университет*

### АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ (С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС)

**Цель.** Пространственный анализ загрязнения почвенного покрова вокруг предприятия ОАО «Будазот» (Житомирская область, Украина) тяжелыми металлами. **Методы.** Инструменты пространственного анализа современного ГИС-пакета QGIS, методы многомерного статистического анализа. **Результаты.** Проанализированы пробы почв в четырех направлениях розы ветров на расстоянии 1 км, 2,5 км, 5 км, 10 км на глубине 20 см. Основными загрязняющими веществами являются: Pb, Zn, Cu, Cd та Hg. Для ин-

терполяції полей концентрації вказаних речовин застосовано модуль інтерполяції QGIS. Сформований комплексний показувач, який методом кластерного аналізу визначив райони різної ступеня забруднення важкими металами ґрунтового покриву в межах території підприємства ОАО «Будазот» (Житомирська область, Україна). **Висновки.** Максимальний рівень забруднення важкими металами відповідає ґрунтового покриву північно-західної частини території дослідження; забруднення, яке обумовлено функціонуванням підприємства не впливає на стан ґрунту сільськогосподарської зони міста Житомир.

**Ключові слова:** забруднення, ґрунт, важкі метали, геоінформаційна система, кластерний аналіз, Житомирська область

### Вступ

**Постанова проблеми та її зв'язок з важливими практичними завданнями.** Антропогенні порушення ґрунтового покриву призводять до серйозних проблем і деградації всього природного комплексу, що наприкінці, створює загрозу здоров'ю і життю людини. Для ґрунтів, що перебувають в умовах техногенезу, необхідна оцінка їх екологічного стану, і зокрема, визначення рівня забруднення важкими металами [1-3].

Важкі метали – група хімічних елементів з властивостями металів (напівметалів) і значною атомною вагою та щільністю. Відомо близько сорока різних визначень терміну «важкі метали», і неможливо вказати на один з них, як найбільш прийнятний. І, отже, список важких металів відповідно цих визначень, включатиме різні елементи. Використовуваним критерієм може бути атомна вага понад 50, тоді в список потрапляють всі метали, починаючи з ванадію, незалежно від щільності. Іншим, часто використовуваним критерієм, є щільність, яка приблизно дорівнює, або більша за щільність заліза ( $8 \text{ г/см}^3$ ), тоді до списку потрапляють такі елементи як свинець, ртуть, мідь, кадмій, кобальт, а, наприклад, більш легке олово зі списку випадає. Існують класифікації, засновані і на інших значеннях граничної щільності (а саме:  $5 \text{ г/см}^3$ ) або атомної ваги. Деякі класифікації складають винятки для благородних і рідкісних металів, не відносячи їх до важких, а деякі виключають некорозійні метали (залізо, марганець) [4].

Термін «важкі метали» найчастіше розглядається не з хімічної, а більш з медичної та природоохоронної точок зору і, таким чином, при включенні відповідних елементів в цю категорію, враховуються не тільки хімічні і фізичні властивості, а також їх біологічна активність та токсичність, і, зрештою, обсяг використання в господарській діяльності.

Важкі метали акумулюються ґрунтом за певний термін часу і, входячи в міграційні цикли природного комплексу, створюють

нові техногенні аномалії. Забруднення ґрунту важкими металами створює в багатьох районах світу постійний фон, що викликає їх стабільну концентрацію в рослинності. Тому вивчення забруднення ґрунтів важкими металами є актуальною проблемою.

В результаті забруднення ґрунтів важкими металами пригнічуються рослини, деградує біоценоза і спричиняється негативний вплив на людину. Кожен з елементів, що відноситься за своїми характеристиками до важких металів, в ґрунті має певні особливості перебування [5, 6]. Приймаючи до уваги все вищезгадане ґрунти навколо підприємств, функціонування яких призводить до забруднення довкілля важкими металами повинні підлягати детальному аналізу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні дослідження, що спрямовані на оцінку якості ґрунтів, переважно стосуються визначення ступеня забруднення за окремими показниками. В якості таких робіт можливо розглянути дослідження таких західних авторів як [5, 6] та деяких вітчизняних дослідників [1]. Тобто у ранніх роботах [5] у розділах, що присвячені прикладним аспектам вирішення проблеми забруднення ґрунтового покриву, надаються приклади оцінки забруднення ґрунту по індивідуальним інгредієнтам: оцінка забруднення свинцем, кадмієм, цинком та ін., але не приділяється увага методам узагальнення цієї інформації. Роботи, аналогічні [6], також зосереджені на пошуку кореляцій між станом гумусної складової ґрунтів і їх забрудненням за індивідуальними показниками, також часто дослідники приводять відповідні карти забруднення територій, що аналізуються, по окремим показникам та не реалізують спробу їх поєднання [1].

Деякі роботи більш зосереджують увагу на подальшому відновленні ґрунтового покриву [8, 9]. В таких роботах на етапі обґрунтування актуальності проблеми відновлення властивостей ґрунтового покриву

приводиться попередній аналіз забруднення, зокрема важкими металами, що декілька ускладнює розуміння ситуації, оскільки інформація має вигляд індивідуальних карт із вельми різною конфігурацією полів концентрацій, в силу чого ранжування територій за забрудненням не є тривіальним.

Але найбільший інтерес, з точки зору автору, мають роботи, які присвячені отриманню інтегральної картини забруднення, що певним чином об'єднує відповідні показники, саме такому напрямку аналізу присвячене дане дослідження. Зокрема автори досліджень [2-3] пропонують об'єднувати показники забруднення шляхом розрахунку

#### Методика дослідження

Для отримання картини просторового розподілу поллютантів проаналізовані проби у чотирьох напрямках рози вітрів на відстані 1 км, 2,5 км, 5 км, 10 км на глибині 20 см. Основними забруднюючими речовинами є: Pb, Zn, Cu, Cd та Hg.

Згідно до проведених вимірів, був сформований банк даних у пакеті QGIS, що містить значення концентрацій по кожному із інгредієнтів.

На наступному етапі необхідно реалізувати інтерполяцію полів концентрації. Для

інтегральних індексів, які представлені скалярними величинами і проводити подальше зонування на базі ранжування цих величин, однак зручніше використовувати векторну реалізацію інтегральних показників забруднення, оскільки це не обмежує подальше застосування методів багатовимірного статистичного аналізу, в основі якого покладена багатокритеріальна оцінка.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є просторовий аналіз забруднення ґрунтового покриву навколо підприємства ВАТ «Будазот» важкими металами (Житомирська область, Україна) та створення відповідної геоінформаційної системи.

цього зручно застосувати модуль інтерполяції QGIS, який може використовуватися для інтерполяції точкового векторного шару методом триангуляції (TIN – Triangular Irregular Network) або зворотного зважування відстаней (IDW – Inverse Distance Weighted). Дана операція досить проста і ґрунтується на інтуїтивно зрозумілому графічному інтерфейсі для створення інтерпольованих растрових шарів (рис. 1) [7].

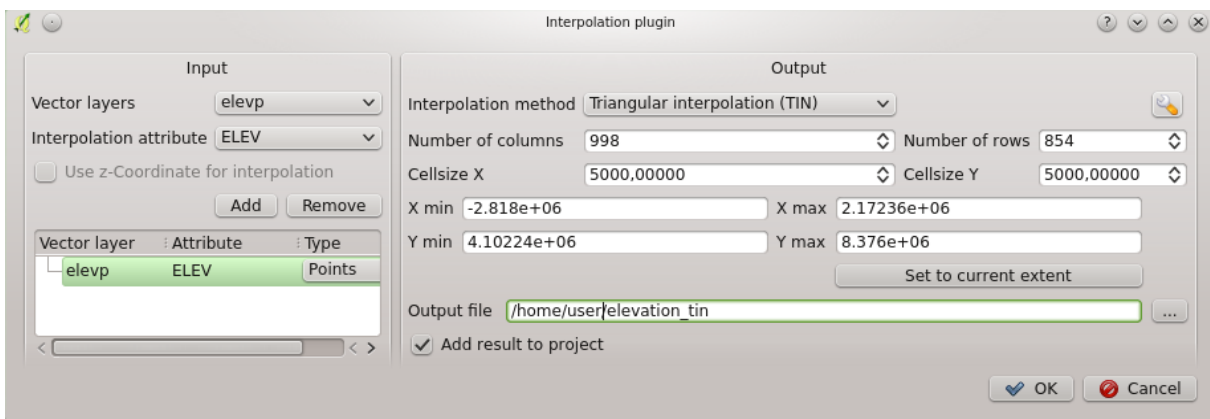


Рис. 1 – Модуль інтерполяції QGIS

Модуль вимагає наявності наступних параметрів для виконання:

1. *вихідного векторного шару*: вихідного точкового векторного шару, що містить точки відбору проб. Якщо обирається кілька шарів, для інтерполяції використовуються всі дані;
2. *атрибуту інтерполяції*: використовується інтерполяція Z-координати;
3. *методу інтерполяції*: «триангуляції (TIN)» або «зворотного зважування відстаней (IDW)»;

4. *кількості стовпців/рядків*: кількості рядків і стовпців в результуючому растровому файлі;

5. *файлу виводу*: файл, що містить результати розрахунків.

На рис. 2 – 6 представлений результат інтерполяції концентрацій Pb, Zn, Cu, Cd та Hg.

Для отримання інтегральної картини, що представляє розподіл забруднення ґрунту навколо підприємства, необхідно сфор-

мувати векторну величину  $X$ , що дозволить провести зонування території із застосуванням алгоритму кластерного аналізу, детальний опис алгоритму якого представлений у [10].

$$X_i(x_1, \dots, x_n), i = \overline{1, 5},$$

де,  $x_i$  –  $i$ -а концентрація важких металів.

На рис. 7 представлено результати кластеризації території навколо підприємства.

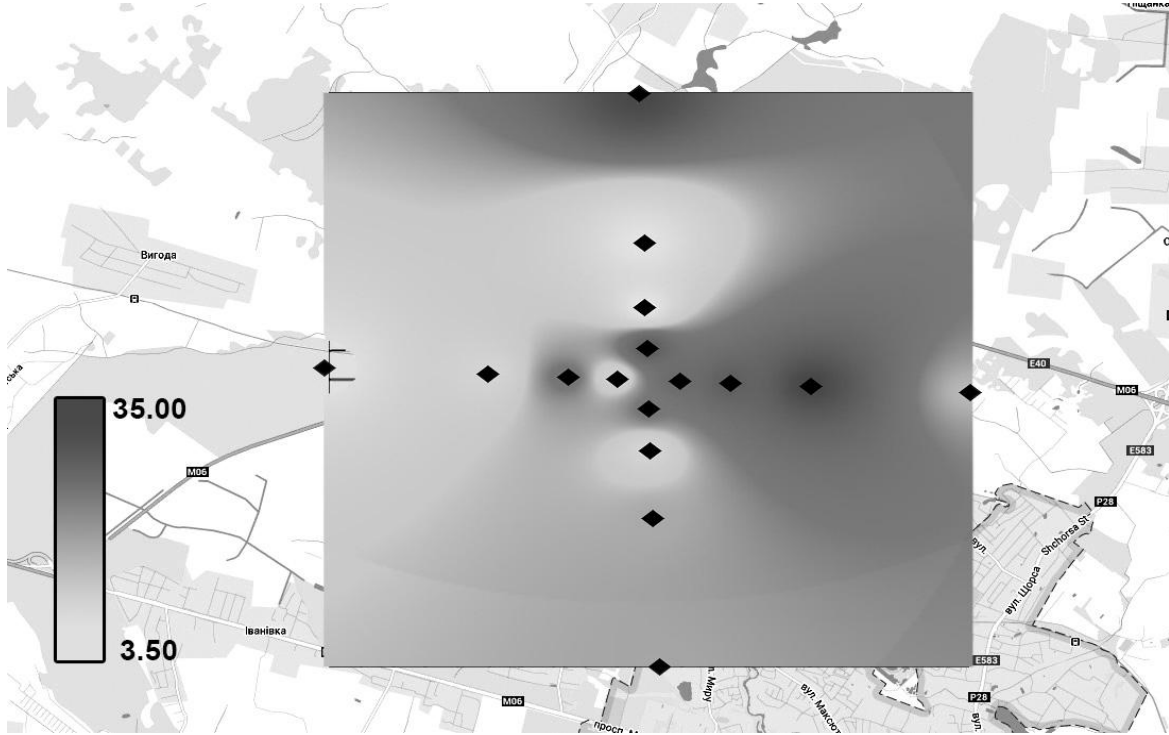


Рис. 2 – Вміст міді в ґрунті навколо ВАТ «Будазот», мкг/кг

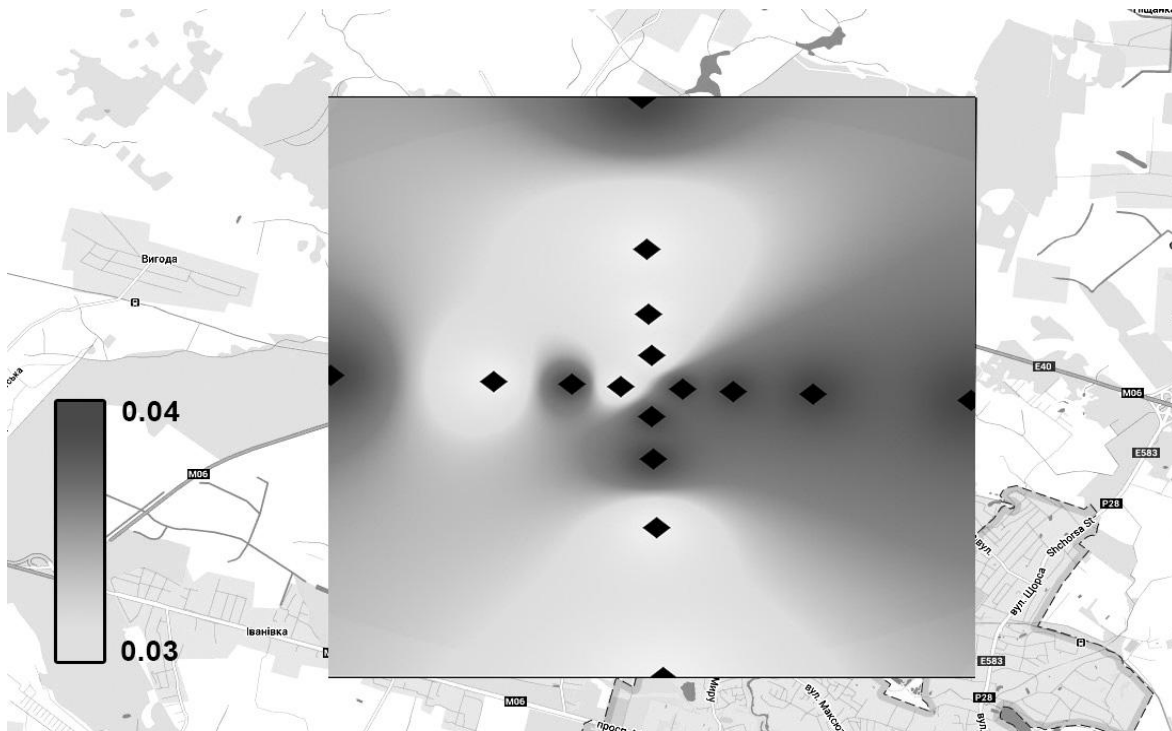


Рис. 3 – Вміст ртуті в ґрунті навколо ВАТ «Будазот», мкг/кг

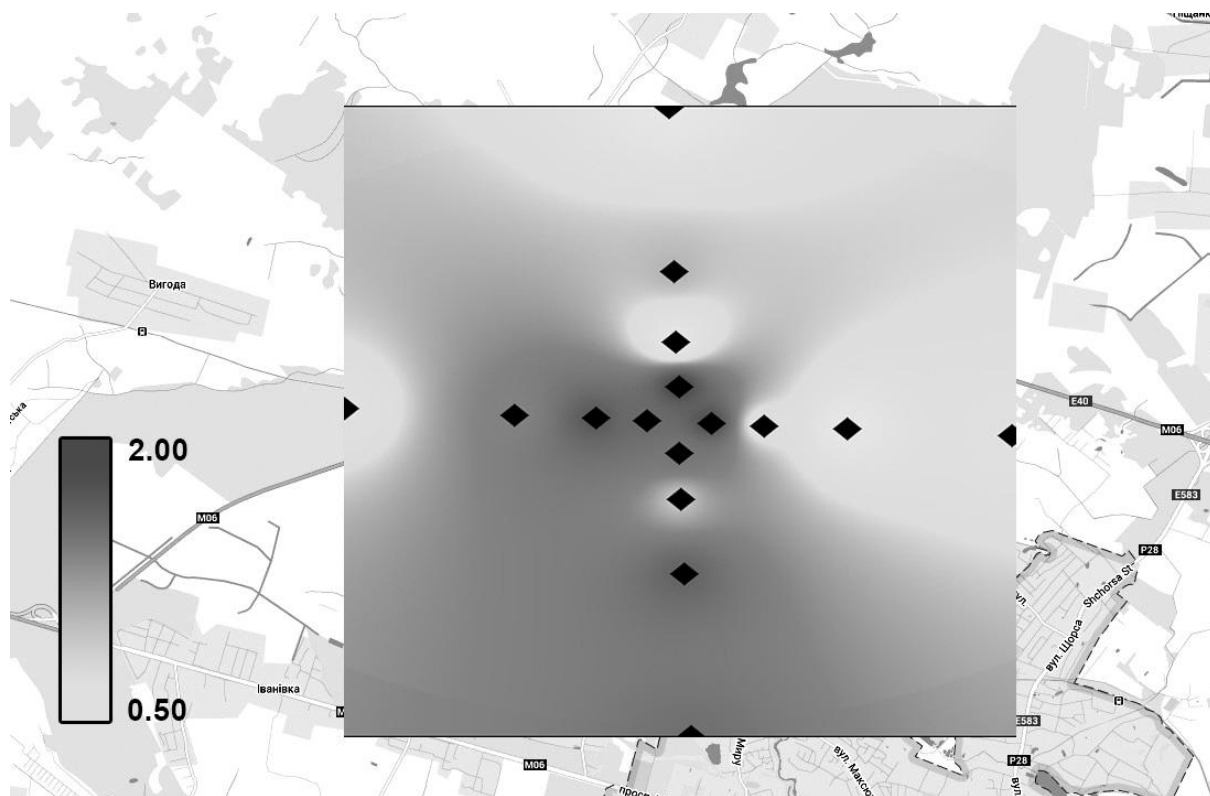


Рис. 4 – Вміст кадмію в ґрунті навколо ВАТ «Будазот», мкг/кг

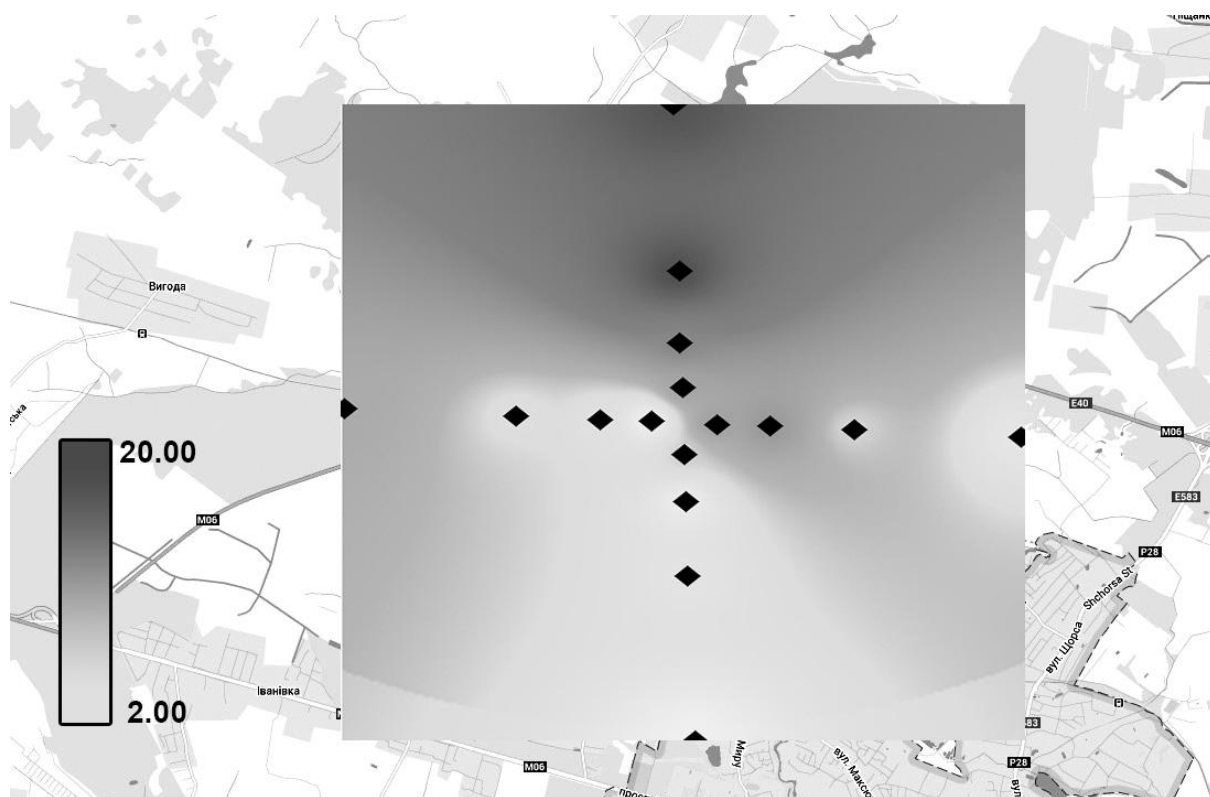


Рис. 5 – Вміст свинцю в ґрунті навколо ВАТ «Будазот», мкг/кг

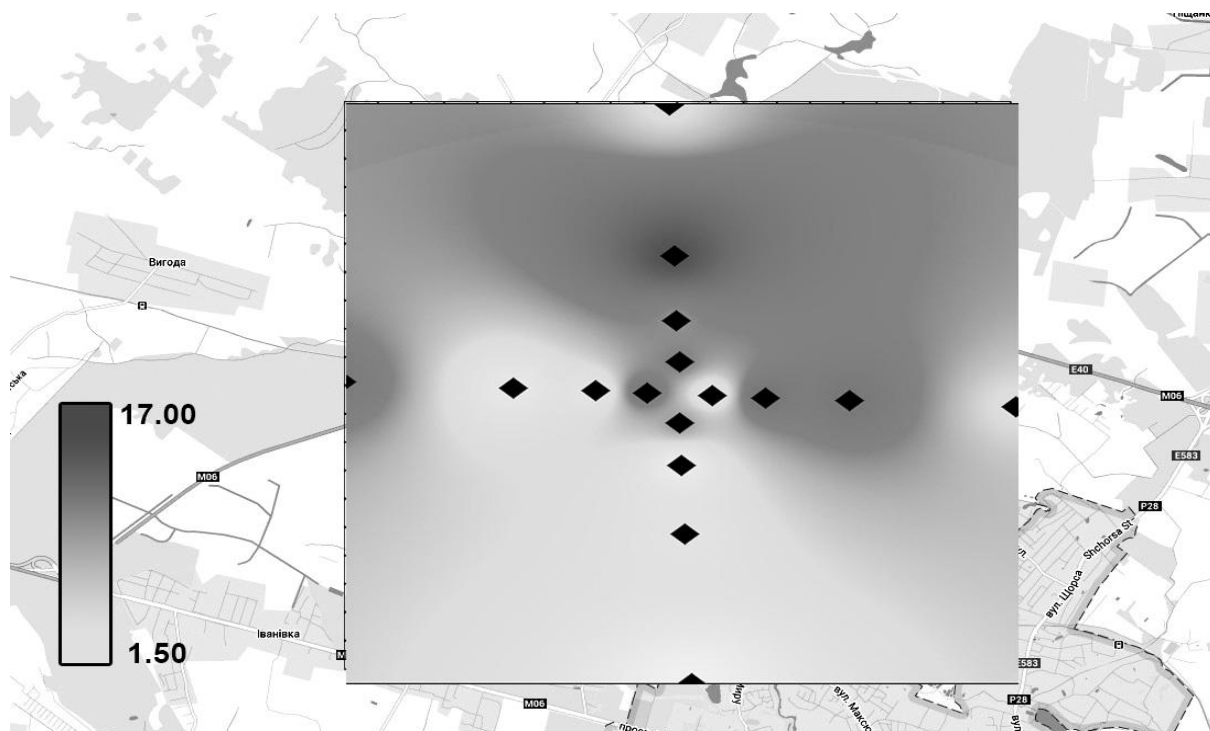


Рис. 6 – Вміст цинку в ґрунті навколо ВАТ «Будазот», мкг/кг

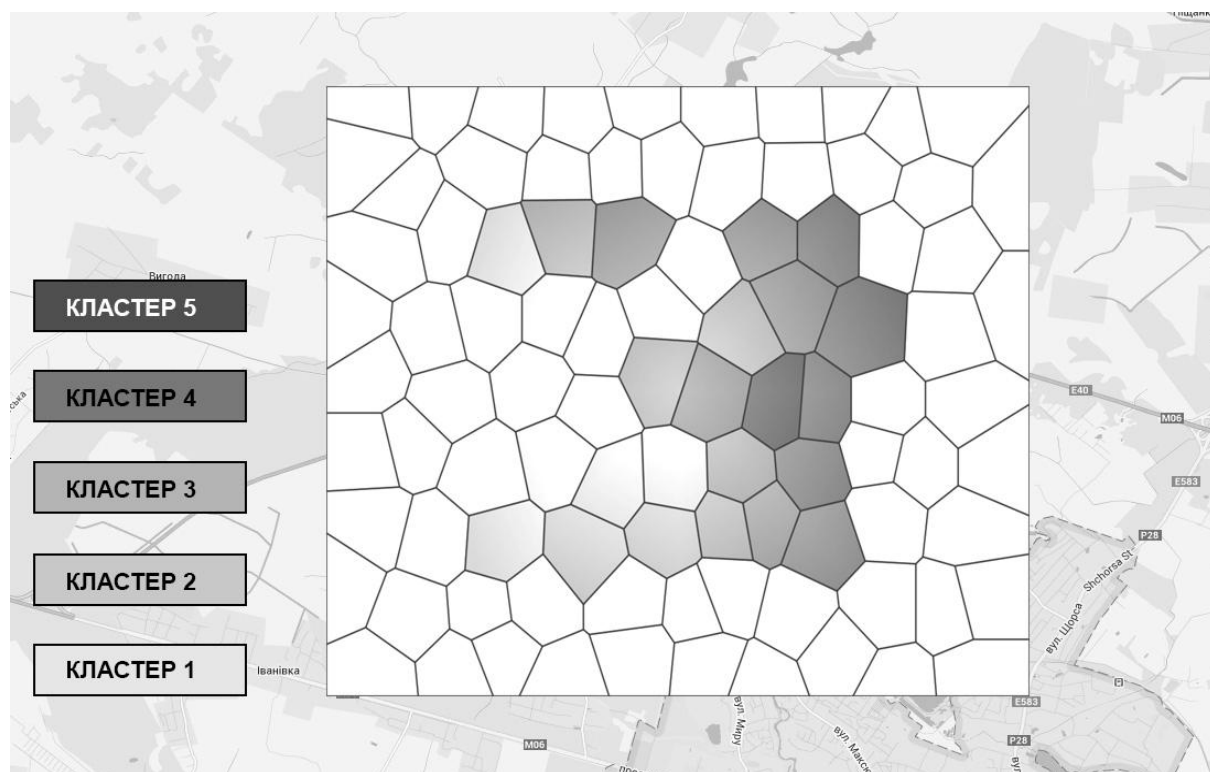


Рис. 7 – Результати кластерного аналізу

Як видно із результатів аналізу, максимальний рівень забруднення згідно комплек-

сного показника відповідає північно-західній частині території, що досліджується.

### Висновки

На базі отриманої картини просторового розподілу забруднення ґрунтового покриву навколо підприємства ВАТ «Будазот» можливо заключити:

- забруднення, що викликане функціонуванням підприємства не впливає на стан ґрунтів селітебної зони міста Житомир;
- забруднення ґрунтового покриву розповсюджується завдяки переносу з повітрям оскільки згідно розі вітрів даної у даної

місцевості має місце переважно південно-східний напрямок вітру, що вимагає побудови додаткових споруджень у місцях перевантаження обривів;

- отриманий банк просторових даних, на базі аналізу проб ґрунту може бути оновлений і використаний керівництвом підприємства задля подальшого контролю забруднення довкілля важкими металами.

### Література

1. Турсунмагамбетова А. А., Даулбаева А. Н. Особенности загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами на примере г. Алматы. Научное сообщество студентов : материалы VII Междунар. студенч. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 28 февр. 2016 г.) / редкол.: О. Н. Широков. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. С. 12-14.
2. Baath, E. Effect of heavy metals in soils on microbial processes and populations (A. review) . *Air and soil pollution*. 1989. Vol. 47. P. 335 –379
3. Angelova, V. , Ivanova R., Ivanov K. Uptake and distribution of Pb, Cu, Zn and Cd in cereal crops, grown in industrially polluted region. *Bulg. J. agr. Sc.* 2003. Vol. 9. №519. P. 665 – 672
4. Bowen, H.J.M. Trace elements in biochemistry. London - NY.: Acad. Press, 1966. 241 p.
5. Bowen, H.J.M. Environmental chemistry of elements . N.Y.: Acad. Press, 1979. 333 p.
6. Gillet, S. , Ponge J.F. Humus forms and metal pollution in soils. *Europ.J.Soil Sc.* 2002. Vol. 53. №4. P. 529 – 539
7. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи Геоінформатики: Навчальний посібник. За заг. ред. О.О. Світличного. Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. 295 с.
8. Патица М.В. Відновлення здоров'я ґрунту. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Оптимізація агроландшафтів: раціональне використання, рекультивация, охорона». – Дніпропетровськ, 2-4 червня 2015. С. 45-47.
9. Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь. За редакцією О.О.Созинова, Б.С. Прістера. К., 2014. С.51.
10. Школьніий Є.П., Лосєва І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник. К.: Міносвіти України, 1999. 600 с.

### References

1. Tursunmagambetova A. A., Daulbaeva A. N. Osobennosti zagryazneniya pochvennogo pokrova tyazhelymi metallami na primere g. Almaty [Peculiarities of soil contamination by heavy metals on the example of Almaty]. Scientific community of students: materials VII Intern. Student. Scientific-practical. Conf. (Cheboksary, February 28, 2016). Cheboksary: CNS Interactive Plus, 12-14 [in Russian].
2. Baath, E. (1989). Effect of heavy metals in soils on microbial processes and populations (A. review) . *Air and soil pollution*. 47. 335 –379 [in English].
3. Angelova, V. , Ivanova R., Ivanov K. (2003). Uptake and distribution of Pb, Cu, Zn and Cd in cereal crops, grown in industrially polluted region. *Bulg. J. agr. Sc.* 9(519), 665 – 672 [in English].
4. Bowen, H.J.M. (1966). Trace elements in biochemistry. London - NY.: Acad. Press, 241 [in English].
5. Bowen, H.J.M. (1979). Environmental chemistry of elements . N.Y.: Acad. Press, 333 [in English].
6. Gillet, S. , Ponge J.F. (2002). Humus forms and metal pollution in soils. *Europ.J.Soil Sc.*, 53 (4). 529 –539 [in English].
7. Cvitlychnyy O. O., Plotnyts'kyy S. V. (2006). Osnovy Heoinformatyky: Navchal'nyy posibnyk [Fundamentals of Geoinformatics]/ Sumy: VTD "University Book", 295 [in Ukrainian].
8. Patyka M. V. (2015). Vidnovlennya zdorov"ya gruntu [Restoration of soil health]. Proc. Intern. scientific-practical conf. "Optimization of agro-landscapes: rational use, recultivation, protection". Dnipropetrovsk, June 2-4. 45-47 [in Ukrainian].
9. Sozinova, O. O., Pristera, B. S. ed. (20014). Metodyka sutsil'noho gruntovo-ahrokhimichnoho monitorynhu sil'skohospodars'kykh uhid'[The method of continuous soil-agrochemical monitoring of agricultural lands], Kiev, 51 [in Ukrainian].
10. Shkol'nyy, Ye.P., Loyeva, I.D., Honcharova, L.D.(1999). Obrobka ta analiz hidrometeorolohichnoyi informatsiyi: pidruchnyk [Processing and analysis of hydrometeorological information: a textbook]. Kiev: Ministry of Education of Ukraine, 600 [in Ukrainian].

Статья поступила в редколлегию 06.04.2017