

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ПОТЕНЦІАЛУ ТЕХНОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ТЕРИТОРІЇ ЛУЦЬКОЇ УРБОЕКОСИСТЕМИ

Фесюк В.О., д.г.н., проф., професор кафедри екології
Мороз І.А., к.х.н., доцент кафедри МтаПФКМ
Луцький національний технічний університет

Основним завданням статті є визначення структури потенціалу техногенних навантажень, оцінка масштабів його складових і аналіз просторового розподілу по території м. Луцька. Результати роботи: розглянуто теоретико-методологічні засади районування території міст за потенціалом техногенних навантажень; оцінено і картографовано щільність викидів забруднюючих речовин підприємствами м. Луцька, утворення відходів по промислових підприємствах, хімічної та вибухо-пожежної небезпеки території, а також середній модуль навантаження на природне довкілля м. Луцька.

Ключові слова: екологічна безпека, техногенні навантаження, середній модуль навантаження на природне довкілля міст

Фесюк В.А., Мороз І.А.

Пространственное распределение потенциала техногенных нагрузок на территории Луцкой урбоэко시스템ы

Анализ пространственного распределения потенциала техногенных нагрузок по территории городов является важной составляющей оценки экологической безопасности городской территории. Он позволяет выделить ареалы наивысшей остроты экологической ситуации. Основным заданием статьи является определение структуры потенциала техногенных нагрузок, оценка масштабов его составляющих и анализ пространственного распределения по территории г. Луцка.

В работе использованы методы математического моделирования (для построения модели экологической безопасности городов) и методы электронной картографии (для построения соответствующих картосхем).

Результаты работы: рассмотрены теоретико-методологические основы районирования территории городов за потенциалом техногенных нагрузок; оценено и картографировано плотность выбросов загрязняющих веществ предприятиями г. Луцка, образование отходов по промышленным предприятиям, химической и взрывопожарной опасности территории, а также средний модуль нагрузки на природную окружающую среду г. Луцка.

В результате наложения и конструктивно-географического анализа слоев полученных моделей, мы построили синтетическую картосхему территориального распределения среднего модуля техногенной нагрузки на окружающую среду м. Луцка. Как видно из картосхемы наиболее высокий потенциал техногенного воздействия (модуль техногенной нагрузки) для города в пределах промышленных зон. Это особенно четко видно в пределах г. Луцка, где три крупнейших (южная, юго-восточная и северо-восточная) из четырех объективно существующих промышленных зон четко прорисовываются в рельефе поля распределения модуля техногенного воздействия.

Ключевые слова: экологическая безопасность, техногенные нагрузки, средний модуль нагрузки на природную окружающую среду

Fesyuk V.A., Moroz I.A.

Spatial distribution of technogenic potential on territories of Lutsk urboecosystem

Analysis of the spatial distribution of potential technogenic loads on the territory of cities is an important part of assessing the ecological safety of the city territory. It allows you to identify

areas of highest severity of the ecological situation. The main task of the article is to identify potential technogenic structure loadings assessment of the extent of its components and analysis of spatial distribution on the territory of Lutsk.

In this paper used the methods of mathematical modeling (for model building ecological safety of the cities) and methods of electronic cartography (for constructing the corresponding maps).

Results of the work: The theoretical and methodological foundations of zoning the territory of cities after potential of the technogenic loading are considered. It is appraised and it is drawn a map of closeness of the troop landing of contaminating matters by the enterprises of Lutsk, formation of wastes on industrial enterprises, chemical and explosive-fire danger of territory, and also middle module of loading on surrounding the natural environment of Lutsk.

As a result of the imposition of a constructive and geographical analysis layers obtained models, we built a synthetic medium mapped schemes territorial distribution module anthropogenic impact on the natural environment m. Lutsk. As seen from kartoshemy highest potential anthropogenic impact (anthropogenic load module) for the city are within industrial zones. This is particularly clear within the city. Lutsk, where the three largest (southern, south-eastern and north-eastern) from four industrial zones of objective clearly drawn in the relief field distribution module anthropogenic influence.

Keywords: ecological safety, tehnogenic loading, middle module of loading on surrounding the natural environment of cities.

Актуальність. Тема наукової статті є дуже актуальною, оскільки великі міста є полюсами антропогенного забруднення довкілля. Потенціал техногенних навантажень дозволяє оцінити масштаби та напрями їх потенційного впливу на оточуюче довкілля. Він є одним із параметрів моделі екологічної безпеки міст, який найбільшою мірою визначає гостроту екологічної ситуації міської території. Збереження екологічної рівноваги у екосистемах міст здійснюється завдяки стійкості та потенціалу самоочищення ландшафтів, які й протистоять потенціалу техногенних навантажень. Тому дуже важливо для оцінки екологічної безпеки міської території розрахувати, оцінити і картографувати територіальні закономірності розподілу потенціалу техногенних навантажень в місті.

Мета та завдання. Метою даної статті є верифікація моделі екологічної безпеки міст для умов м. Луцька. Для цього слід виконати наступні завдання:

- розрахунок, оцінка і картографування щільності викидів забруднюючих речовин підприємствами міста, утворення відходів по промислових підприємствах, хімічної та вибухо-пожежної небезпеки території;
- аналіз територіального розподілу середнього модуля навантаження на природне довкілля м. Луцька.

Аналіз попередніх публікацій. Досліджень в даній царині проводилось доволі багато. Серед найвідоміших слід назвати праці Rowe W. (1977), Marshall W. (1989), Mushyk E., Muller P. (1990), а також вітчизняних авторів – Качинський А.Б. (2001) [1, 2], Фесюк В.О. (2008) [6, 8]. Зауважимо, що більшість з названих праць виконані за різними методичними підходами, що ускладнює їхню співставність та проведення подібних досліджень у майбутньому.

Матеріали й методи дослідження. При розробці запропонованої методики використовувались дані геохімічного моніторингу території Луцької урбоекосистеми, статистичні матеріали обласних управлінь Міністерства надзвичайних ситуацій та Міністерства екології та природних ресурсів України, проводилась їх обробка математико-статистичними, графічними та картографічними методами з використанням комп'ютерних програм MS Excel 2010, GS Surfer 7.0, Mapinfo 7.0.

Основні результати. Екологічна безпека є мірилом дотримання умови рівноваги в геосоціотехнічних системах (ГСТС). Реальна ГСТС, у складі якої функціонує підсистема “об’єкт-навколишнє середовище”, проходить у своєму розвитку закономірні етапи нагромадження антропогенних змін у біогеоценозах природних ландшафтів. У цьому зв'язку

між штучним об'єктом і навколишнім природним середовищем відбувається взаємодія протилежних процесів: потоку техногенних впливів $\sum_{i=1}^n \omega_i$ і реактивних функцій захисту $\sum_{i=1}^n r_i$ (як міри природної самовідновлюваності природного ландшафту). В міру нагромаджень антропогенних змін $\sum_{i=1}^n e_i$ в екосистемі, що обумовлені постійно діючим техногенезом (з можливими переважаннями, що значно перевищують допустимі Δe_{ω}), відбувається зниження природних замкнених функцій природного ландшафту ($dr/dt < 0$). В результаті цього в деякий момент часу $t = t_e$, настає екстремальна ситуація – порушення екологічної рівноваги в локальному чи регіональному масштабі. Взаємна протилежність у монотонній зміні функцій ($de/dt > 0$, $dr/dt < 0$) дозволяє зіставити їх із відповідними монотонними функціями [3]:

- екологічної безпеки – $P(t)$;
- екологічної небезпеки – $F(t) = 1 - P(t)$.

Таким чином, аналізуючи співвідношення між характеристиками стану екосистеми $\varepsilon\left(\sum_{i=1}^n e_i\right)$, $P(t)$ і $\varepsilon\left(\sum_{i=1}^n r_i\right)$, $F(t)$ для конкретного часового інтервалу можна виразити оптимальні пропорції за умовою [3]:

$$t_{opt} \rightarrow \begin{cases} opt[\varepsilon(\sum e_i) / P(t)], \\ opt[\varepsilon(\sum r_i) / F(t)], \\ \Delta e_i \leq [\Delta e]_i, \Delta r_i \leq [\Delta r]_i \end{cases} \quad (1)$$

При переході від окремих одиничних параметрів e_i , r_i до їх сукупності для екосистеми в цілому отримаємо взаємообумовлену систему характеристик, які можна описати функціями [5]:

$$\begin{cases} \varepsilon(e) = f_1(t) \\ P = f_2(t) \end{cases} \quad (2)$$

Тоді часткові розв'язки системи рівнянь матимуть наступний вигляд:

$$\begin{cases} \varepsilon(e_1, t) = K_e P_1(t) \\ \varepsilon(e_2, t) = K_e P_2(t) \\ \dots\dots\dots \\ \varepsilon(e_n, t) = K_e P_n(t) \end{cases} \quad (3)$$

де K_e – масштабний коефіцієнт, що визначає n-у сукупність точок (N_t) оптимальних співвідношень між характеристиками $\varepsilon(e)$, $P(t)$ екосистеми, що утворять часткову криву її оптимальної рівноваги $\Phi[\varepsilon(\sum e_i); P_e, t]$, а отже, і екологічної безпеки.

Запропонована вище система розв'язків лежить також в основі оптимізації стану урбоекосистем. Оптимізацію можна проводити графоаналітичним шляхом з використанням методів математичного аналізу та теорії функцій, побудувавши графіки часткових функцій і, знайшовши на них точки екстремумів. Таким чином, поняття стійкості (рівноваги) екосистеми, екологічної безпеки та оптимізації екологічного стану території міст вдається пов'язати в єдину семантичну систему, інтегруючим елементом ("ключем") якої є управління

станом міської екосистеми [9].

Наша наукова робота присвячена дослідженню комплексу параметрів саме техногенного впливу на довкілля міст. Інша складова моделі екологічної безпеки міст – стійкість ландшафтів – уже досліджена нами в працях [6-8].

З конструктивно-географічної позиції, в межах міст, оскільки вони суттєво слабше пов'язані з оточуючим середовищем, а стійкість ландшафтів міст визначається в значній мірі комплексом заходів інженерного захисту території, на провідні місця в ранжованій послідовності факторів екологічної небезпеки та ризику виходять так звані “потенційно-небезпечні об'єкти” та техногенні навантаження, які можна представити як щільності забруднення.

Що стосується викидів забруднюючих речовин, то нами побудована математико-картографічна модель щільності викидів забруднюючих речовин, зображена на рис. 1-5. В основу моделі покладено розрахунок функції щільності викидів σ , нормованої на ранжовану послідовність відносного ступеня токсичності забруднюючих речовин $F(j)$, визначену з табл. 1:

$$\sigma_j = \sum_{j=1}^n M_j \cdot F(j) \quad (4)$$

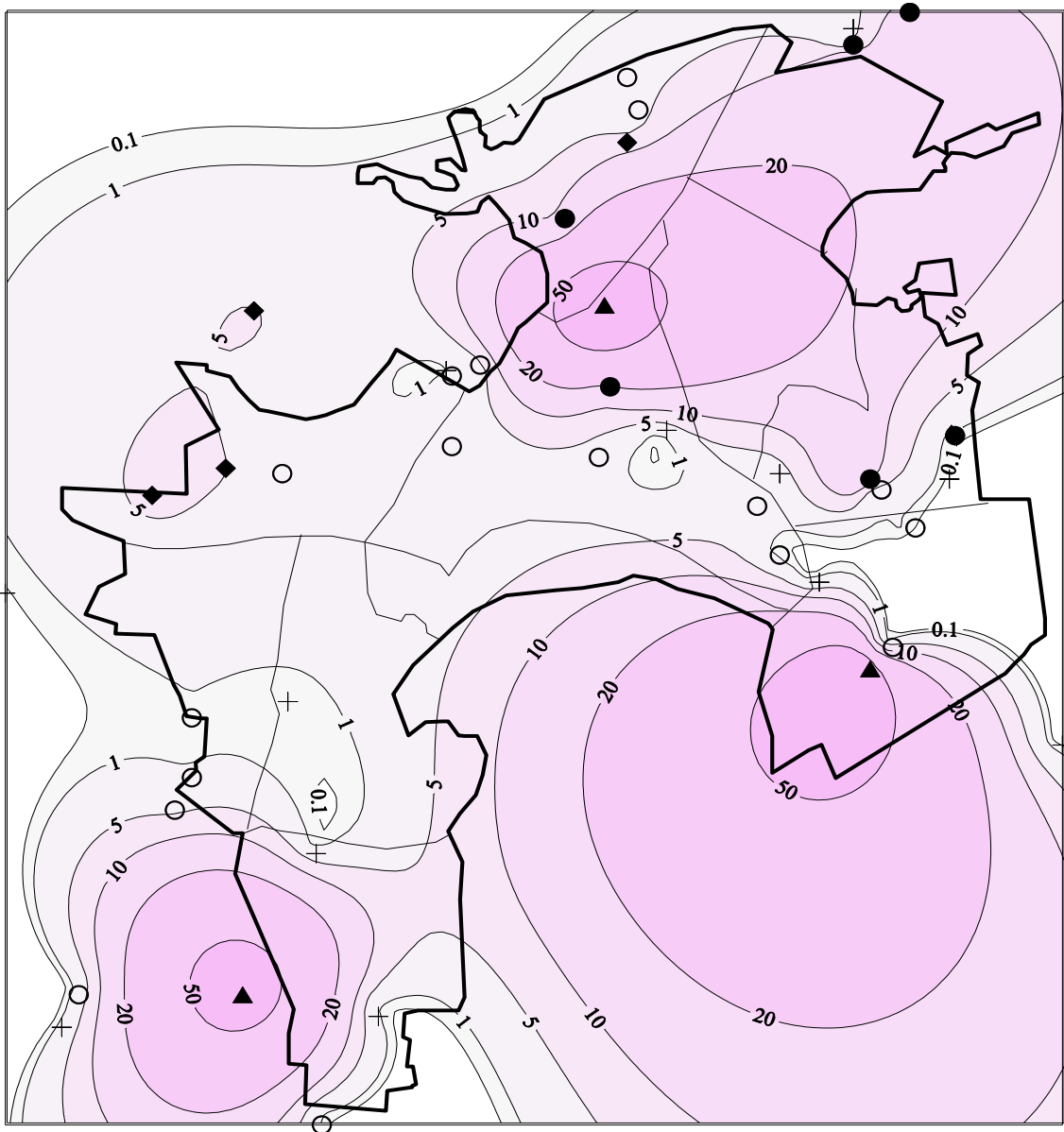
де M_j – маса викиду забруднюючої речовини.

Таблиця 1

Ранжована послідовність відносного ступеня токсичності забруднюючих речовин
(за В.Г. Гмошинським, 1977)

Номер в ранжованій послідовності	Забруднювачі	Відносна ступінь токсичності
1	Забруднювачі, схильні до синергізму, не розкладаються природнім шляхом	0,992-0,996
2	Забруднювачі, несхильні до синергізму, не розкладаються природнім шляхом	0,984-0,992
3	Забруднювачі, схильні до синергізму, і здатні самовільно розкладатись під дією природних процесів	0,855-0,986
4	Одиночний забруднювач з високим ступенем токсичності, не розкладається природнім шляхом	0,692-0,884
5	Одиночний забруднювач з високим ступенем токсичності, розкладається природнім шляхом (нестійкий забрудник)	0,468-0,626
6	Забрудники, що взаємно нейтралізуються при змішуванні	0,301-0,415

Розрахунок здійснювався для 43 підприємств м. Луцька, які мають найбільші викиди забруднюючих речовин. Як видно з рис. 1, для Луцька щільність викидів забруднюючих речовин чітко розподілена по основних промислових зонах – північно-східній, південно-східній і південній. В межах двох перших зон знаходяться підприємства, що викидають більше 80 ум.т забруднюючих речовин, в третій дещо менше – близько 70 ум.т. Інші підприємства викидають суттєво менше. Саме розмір викиду забруднюючих речовин є функціональним критерієм виділення екологічно несприятливих, загрозливих зон, що пов'язані в основному з роботою промислових підприємств. Що стосується утворення небезпечних відходів (рис. 2), то в м. Луцьку північно-східна зона виділяється менше (у зв'язку із особливостями промислової спеціалізації та галузевої належності підприємств), а дві інші – зливаються між собою, утворюючи суцільне поле потенціалу небезпеки утворення й розміщення токсичних відходів. Дане поле охоплює не лише територію промислових зон, але й територію приміських сіл (с. Рованці) та частково територію Дубнівського підземного водозабору, зокрема, I і II поясу його зони санітарної охорони (ЗСО). Дубнівський груповий артезіанський водозабір на сьогодні забезпечує у воді 84% потреб м. Луцька, причому якість води постійно знижується, основна причина – недотримання вимог ЗСО.



0 1км 2км

Щільність викиду, ум.т

Обсяги викидів по підприємствах, ум.т

- ⊕ 0 to 1
- 1 to 5
- ◆ 5 to 10
- 10 to 50
- ▲ 50 to 90

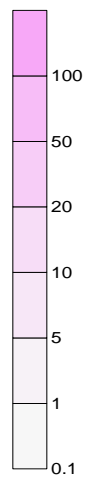
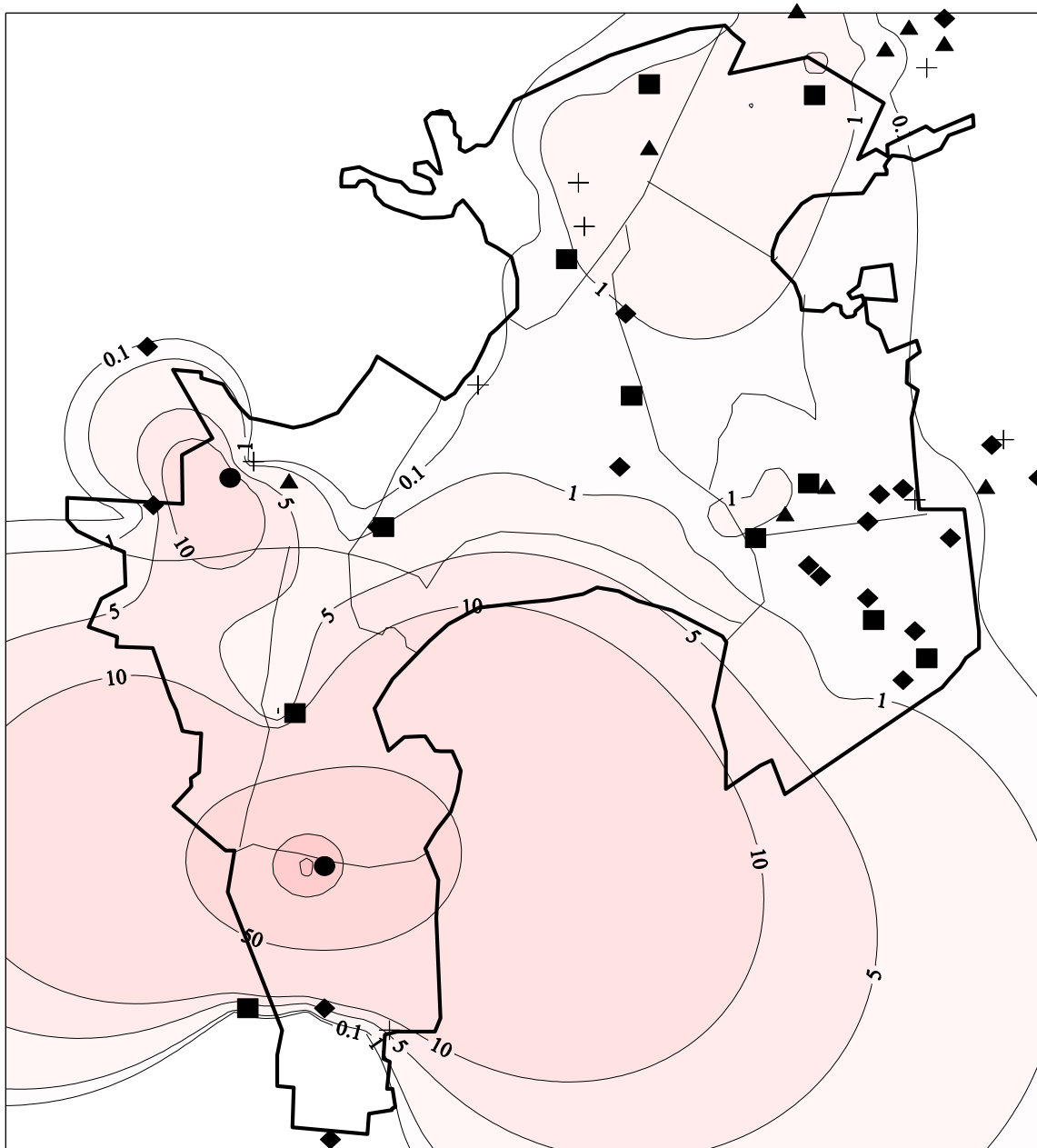


Рис. 1. Щільність викидів забруднюючих речовин підприємствами м. Луцька



Середня щільність утворення токсичних відходів по підприємствах, т

Середні обсяги утворення токсичних відходів по підприємствах, т

- +
 - ◆
 -
 - ▲
 -
- 0 to 0.1
 0.1 to 0.5
 0.5 to 1
 1 to 10
 10 to 150

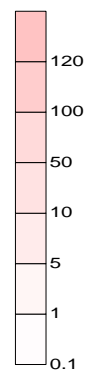
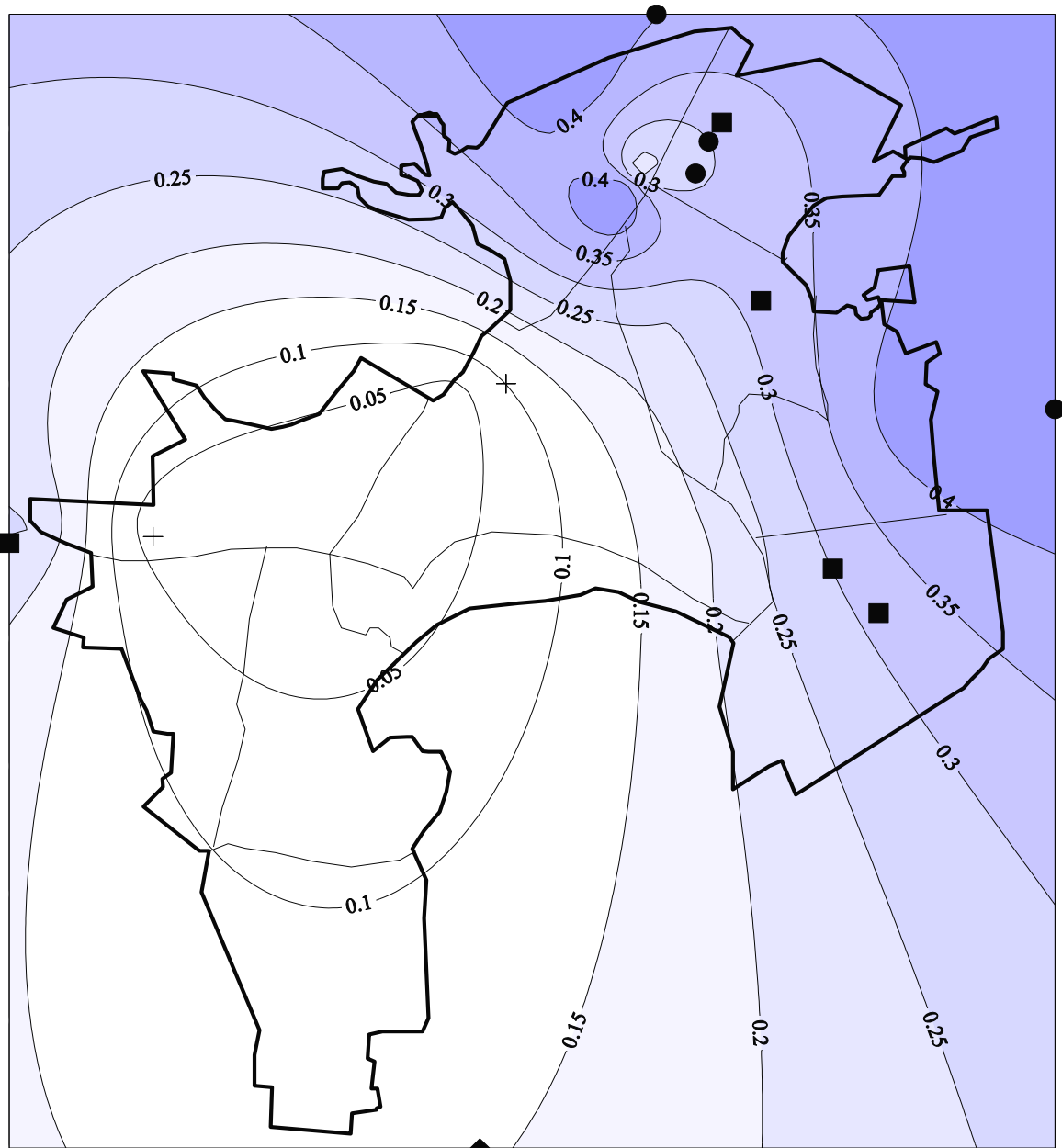


Рис. 2 Щільність утворення відходів по промислових підприємствах м. Луцька



0 1км 2км

Щільність хімічної небезпеки

Потенціал хімічної небезпеки окремих об'єктів

- + 0 to 0.1
- ◆ 0.1 to 0.2
- 0.2 to 0.3
- ▲ 0.3 to 0.4
- 0.4 to 0.5

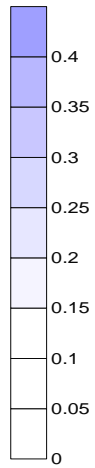


Рис. 3. Щільність хімічної небезпеки території м. Луцька

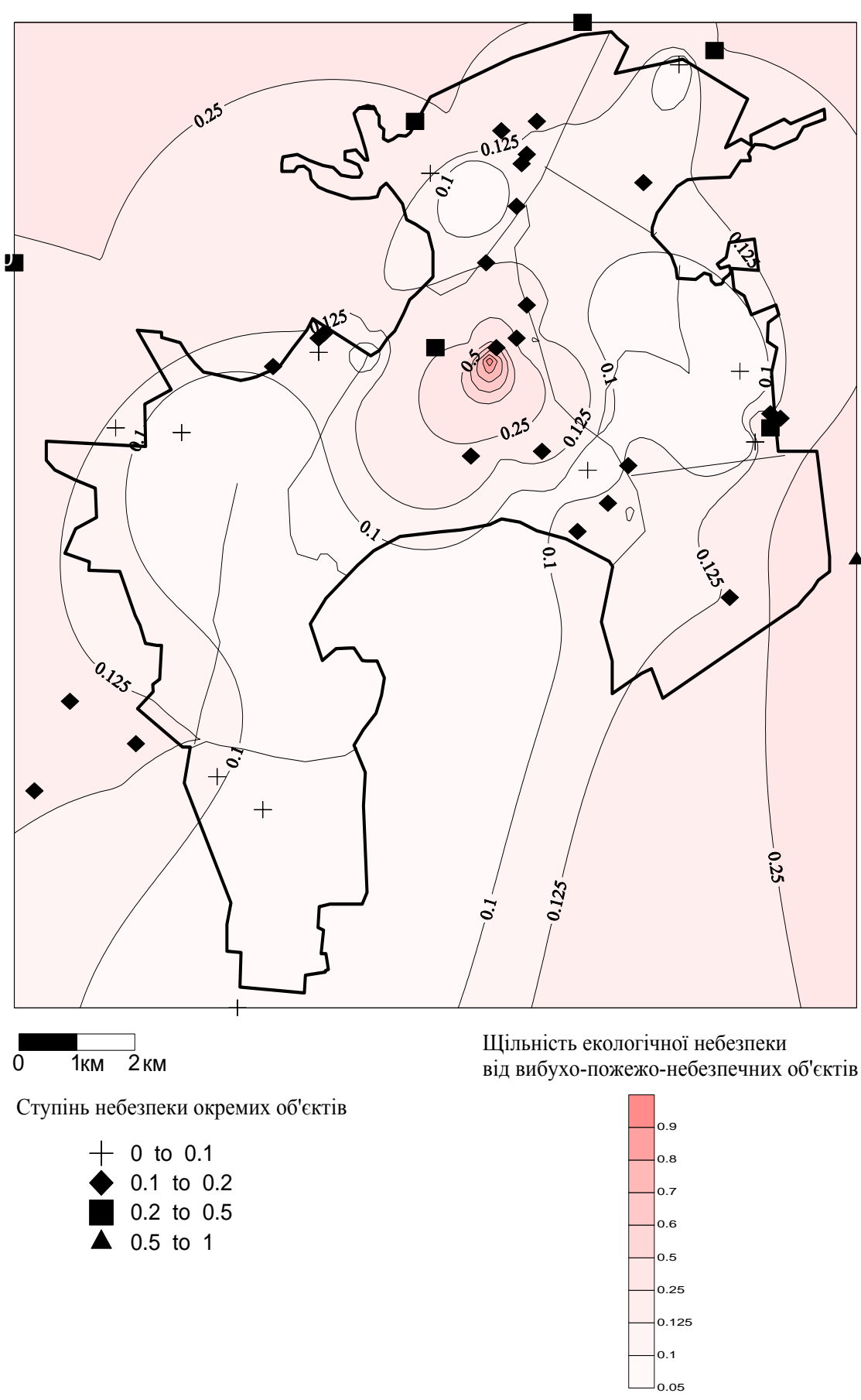
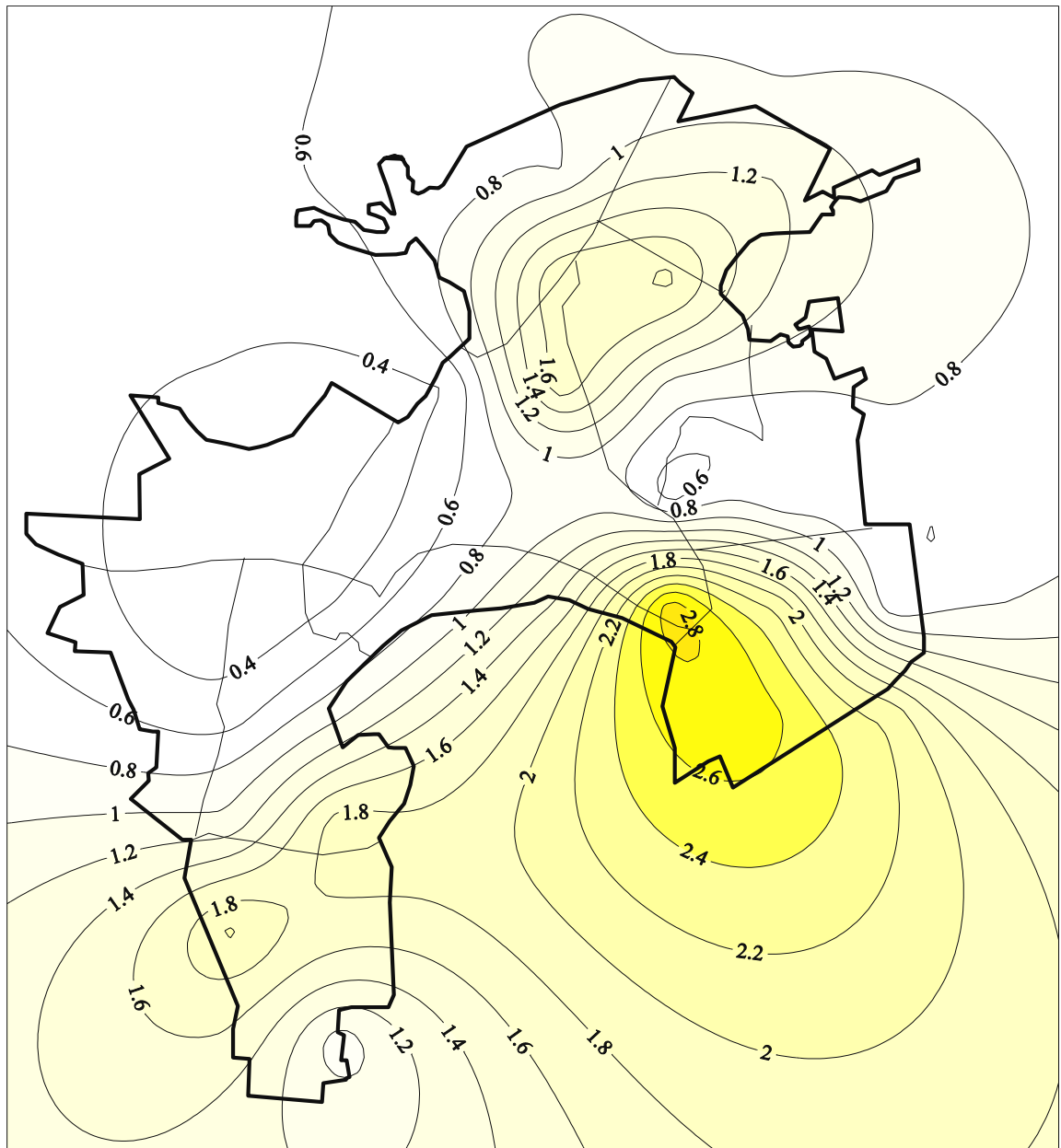


Рис. 4. Щільність вибухо-пожежної небезпеки території м. Луцька



0 1км 2км

Середній модуль техногенного навантаження

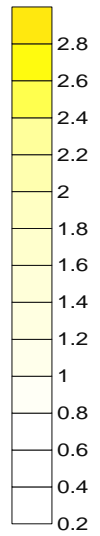


Рис. 5. Середній модуль навантаження на природне довкілля м. Луцька

Щільність скиду забруднюючих речовин нами в даній моделі не враховувалась, бо в м. Луцьку жодне підприємство не має окремого скиду промислових стічних вод безпосередньо у водні джерела, стоки скидаються в колектор міських каналізаційних очисних споруд, проходять спільну очистку (хоч це не досить раціонально для промислових та комунальних стічних вод) і скидаються після очистки в р. Стир єдиним зосередженим випуском, що знаходяться за межами міста, нижче за течією (с. Ліпляни).

Другою важливою складовою факторів екологічної небезпеки та ризику є функціонування потенційно небезпечних об'єктів, зокрема, хімічно небезпечних та вибухо-пожежно небезпечних. Хімічно небезпечні об'єкти [9]:

$$R = SDK_n \quad (5)$$

де R – потенційна небезпека наслідків аварії на об'єкті, S – площа зони можливого хімічного зараження, D – кількість людей, що проживає в цій зоні, K_n – коефіцієнт відносної небезпеки хімічно-небезпечної речовини, що визначається методом нормуючої функції за ранжованою послідовністю відносного ступеня токсичності забруднюючих речовин $F(j)$, визначеною з табл. 1. В якості оператора j використано клас небезпеки (для хлору – 2, для аміаку – 4).

Площа можливого хімічного зараження визначається за методикою МНС:

$$S = 8.72 \cdot 10^{-3} \cdot L \cdot J \quad (6)$$

де L – глибина зони зараження, км; J – коефіцієнт, який дорівнює кутовому розміру зони можливого зараження залежно від швидкості вітру (при переважаючій швидкості вітру > 2 м/с – $J = 45$).

Кількість людей, що проживає в зоні можливого хімічного зараження визначалась по картах щільності населення окремих районів міста та картах щільності забудови емпіричним способом і на основі цієї цифри визначалась ступінь хімічної небезпеки (I ступінь – більше 500 чол., II ступінь 300-500 чол.).

В результаті розрахунків нами побудовано математико-картографічну модель екологічного ризику від потенційно-небезпечних об'єктів. В основі даної моделі лежить розрахунок поля потенціалу небезпеки від хімічно-небезпечних (рис. 3) та вибухо-пожежно-небезпечних об'єктів. Радіаційно-небезпечні об'єкти в модель не включались, оскільки в межах досліджуваних міста відсутні об'єкти з високою потенційною небезпекою та потенціалом завдання значних збитків.

До потенційно-небезпечних належать також вибухо-пожежно небезпечні об'єкти. Аварії, які можуть потенційно відбуватись на таких об'єктах здатні завдати не лише людських жертв, значних руйнувань та матеріальних втрат, але й великих екологічних збитків.

Таблиця 2.

Ранжована послідовність відносного ступеня вибухо-пожежної небезпеки [9]

№ з.п.	Тип об'єкту	K_p
1	Газорозподільна станція	1
2	Автоматична газонаповнювальна компресорна станція (газова автозаправка)	0,5
3	Склад ПММ	0,25
4	АЗС	0,125
5	Промислові підприємства із високою пожежною небезпекою	0,0625

Щільність (потенціал) вибухо-пожежної небезпеки характеризується коефіцієнтом відносної небезпеки виникнення аварій на даних об'єктах K_p , що визначається методом нормуючої функції за ранжованою послідовністю (табл. 2) відносного ступеня вибухо-пожежної небезпеки $F(j)$, розрахованого за методикою, яка представлена в табл. 1. Графічно ілюструє це рис. 4.

Висновки. В результаті накладання й конструктивно-географічного аналізу шарів отриманих моделей, ми побудували синтетичну картосхему територіального розподілу середнього модуля техногенного навантаження на природне довкілля м. Луцька (рис. 5). Як видно із картосхеми найвищим потенціал техногенного впливу (модуль техногенного навантаження) для міста є в межах промислових зон. Це особливо чітко видно в межах м. Луцька, де три найбільші (південна, південно-східна і північно-східна) із чотирьох об'єктивно існуючих промислових зон чітко промальовуються в рельєфі поля розподілу модуля техногенного впливу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Качинський А. Сучасні проблеми екологічної безпеки України / Качинський А. – Київ: НІСД, 1994. – 48 с. (Препринт / Національний інститут стратегічних досліджень; НІСД 1994-33).
2. Качинський А., Хміль Г. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика / А.С. Качинський, Г.І. Хміль – К.: НІСД, 1997. – 127 с.
3. Мазур І.І., Молдаванов О.І. Курс инженерной экологии / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов. – М.: Высшая школа, 1999. – 447 с.
4. Мольчак Я.О., Фесюк В.О. Теоретичні основи конструктивно-географічного аналізу урбоєкосистем / Я.О. Мольчак, В.О. Фесюк // Географія в інформаційному суспільстві. – К.: ВГЛ Обрії, 2008. – Т.3. – С. 121-123
5. Самойленко В.М. Ймовірнісні математичні моделі в геоєкології / Віктор Самойленко. – К.: Ніка-Центр, 2002. – 404 с.
6. Фесюк В.О. Конструктивно-географічні та інженерно-екологічні особливості антропогенного впливу як фактору формування урбоєкосистем Північно-Західної України / В.О. Фесюк // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: Географія. – Тернопіль: ТНПУ, 2007. – №1. – С. 147-152.
7. Фесюк В.О. Потенційна стійкість ландшафтів м. Луцька / В.О. Фесюк // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. Зб. наук. пр. – Київ-Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2002. – Том 4. – С. 263-270
8. Фесюк В.О., Мисковець І.Я. Проблеми екологічної безпеки міст України в контексті сталого розвитку і збалансованого природокористування / В.О. Фесюк, І.Я. Мисковець // Збірник наукових праць Подільського аграрно-технічного університету. – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2007. – № 15: Том 1. – С. 317-321.
9. Фесюк В.О. Конструктивно-географічні засади формування екологічного стану великих міст північно-західної України. / Василь Фесюк. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 344 с.
10. Фесюк В.О. Луцьк: сталий розвиток і соціально-екологічні проблеми. / Василь Фесюк. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2013. – 304 с.