

Вінницький національний технічний університет

Доповідач:  
Урдинець Вадим Васильович

# **Імплементация методу інтегральних індексів забруднення довкілля у м. Вінниця**

Науковий керівник: к.т.н., доц.  
Петрук Роман Васильович

Вінниця - 2018

# Актуальність

Питання забруднення довкілля міст є дуже важливим через підвищення масштабів промислової та сільськогосподарської індустрії, та у зв'язку із якісними трансформаціями виробництва в наслідок впливу науково-технічного розвитку. На території держави сконцентрована велика кількість запасів ресурсів, але недоліки системи оцінювання впливу на довкілля в цілісності, так і окремо по складових погано відбилося на мірі зберігання та захисту природних ресурсів й добробуті нашої країни.

Таким чином, питання забезпечення національної безпеки в сфері екології із загостренням геополітичної ситуації в Україні, навіть в умовах неоголошеної війни, держава і область намагаються робити усе можливе для зменшення забруднення навколишнього середовища. Власне це і призвело до розгляду проблем оцінювання забруднення довкілля обласних центрів на прикладі м. Вінниці. Задачі по оцінці якості навколишнього середовища в процесі економічного процвітання людства вважаються одними з найважливіших та вкрай актуальними.

## **Метою даної роботи є**

аналіз та розрахунок узагальнених індексів забруднення довкілля міста Вінниця з подальшою їх візуалізацією.

## **Предметом досліджень –**

процес розрахунку узагальнених індексів забруднення довкілля міста Вінниця.

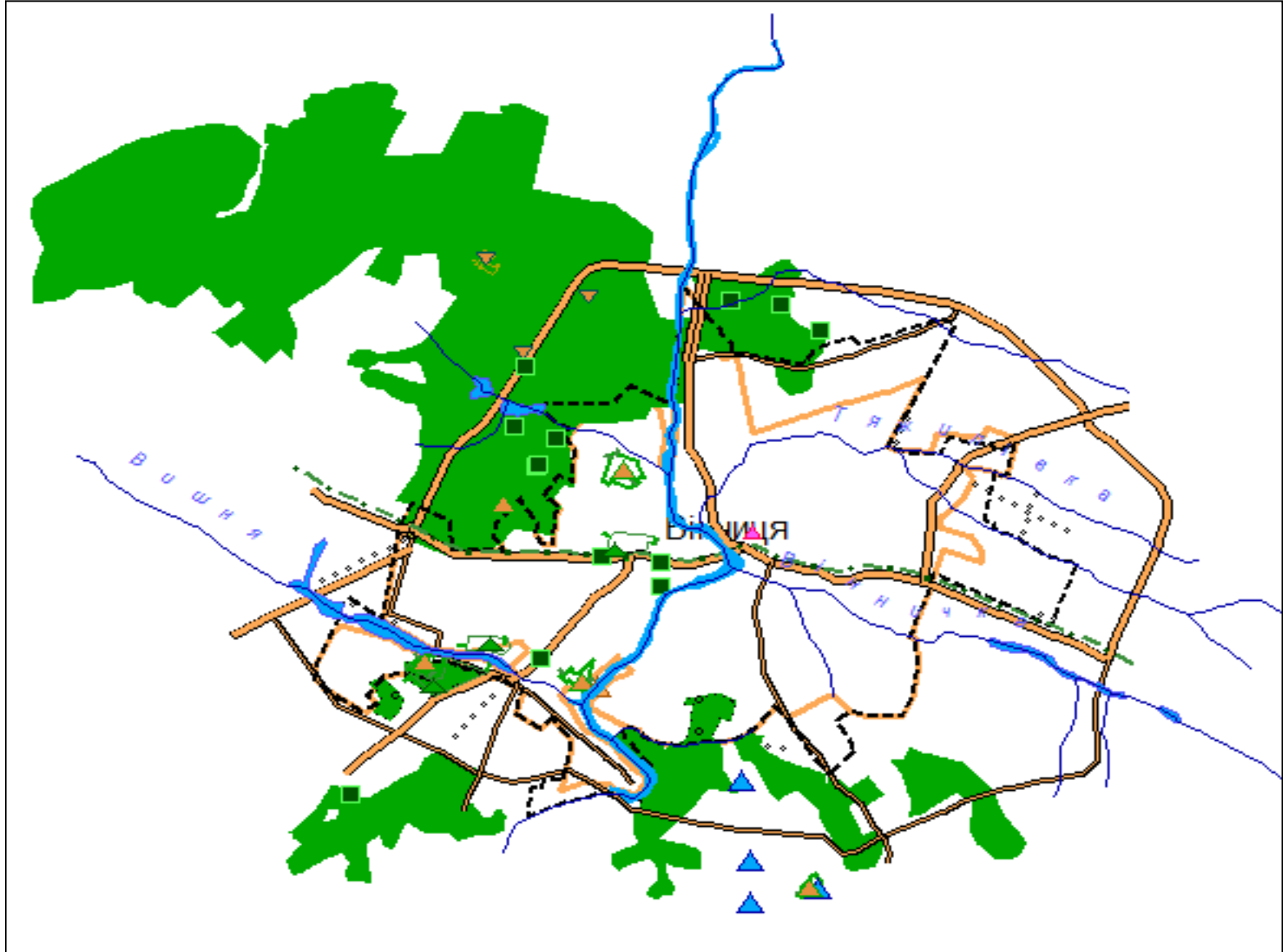
## **Об'єкт досліджень –**

довкілля міста Вінниця.

# Задачі роботи:

- аналіз існуючих проблем визначення індексів забруднення довкілля;
- огляд існуючих методів визначення якості навколишнього середовища;
- розрахунок коефіцієнтів забруднення довкілля м. Вінниці;
- розробка рекомендацій щодо покращення стану довкілля міста.

# Місто Вінниця у форматі ГІС «Карта 2011»



# Взяті для розрахунків дані державного моніторингу

Складові довілля	Роки спостережень	Кількість точок спостережень	Показники, що вимірювались
Поверхневі води	2007-2013	4	NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , Al, Fe, Ca, Mg, Mn, Cu, нафтопродукти, рН, O <sub>2</sub> , Pb, SO <sub>2</sub> , Cl, Zn, і т.д.
Атмосферне повітря	2008-2013	42	NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , пил, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , CH <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> C, C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O, C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> , NO, SO <sub>2</sub> , C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O, F <sub>2</sub> , і т.д.
Ґрунти	2005, 2007-2013	50	Органічні речовини, K, Cd, Al, Hg, S, вологість, рН, Cl, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , нафтопродукти, Zn, Pb, Cr, Cu, Ni, Co, Mn, P і т.д.

# Вигляд вихідних даних до перетворення в однаковий формат

id	Місце відбору	Дата	Пил	Сірчистий г	Оксид вуглець	Фенол	Фармальде
883	ВО "Вінницятеплокомун	15.04.2010	0,26	0,4	3,86		
857	ВО "Вінницятеплокомун	15.04.2009	0,32	0,43			
972	вул. 50-річчя Перемоги	15.08.2012				0,008	0,027
817	вул. 50-річчя Перемоги	15.04.2008	0,26	0,23	2,6	0,0063	0,018
870	вул. 50-річчя Перемоги	15.04.2010	0,28	0,22	2,6	0,0051	0,015
928	вул. 50-річчя Перемоги	15.08.2011	0,28		3,8	0,0052	0,017
942	вул. 50-річчя Перемоги	15.11.2011	0,27		3,5	0,005	0,015

## База даних спостережень за якістю атмосферного повітря

Код	Код точки	Дата	Показник	Значення	Щелкните д
17	точка№14	15.02.2007	Запах при 20о - 60о С	3	
18	точка№14	15.02.2007	Кольоровість	35	
19	точка№14	15.02.2007	Мутність	2,42	
20	точка№14	15.02.2007	pH	7,58	
21	точка№14	15.02.2007	Загальна жорсткість	6,1	
22	точка№14	15.02.2007	Сухий залишок	411	

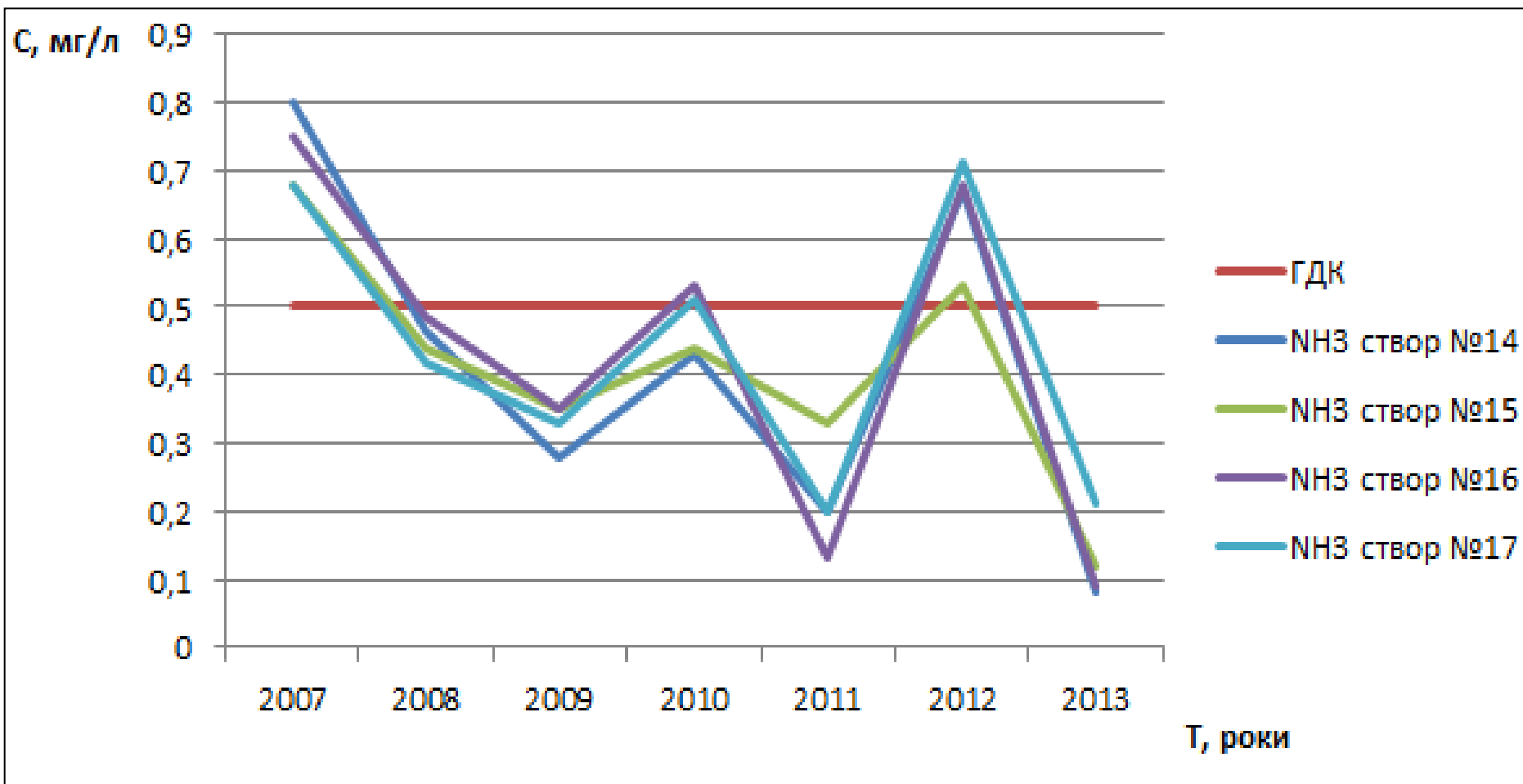
## База даних спостережень за якістю поверхневих вод

# Вигляд вихідних даних після уніфікації в однаковий формат

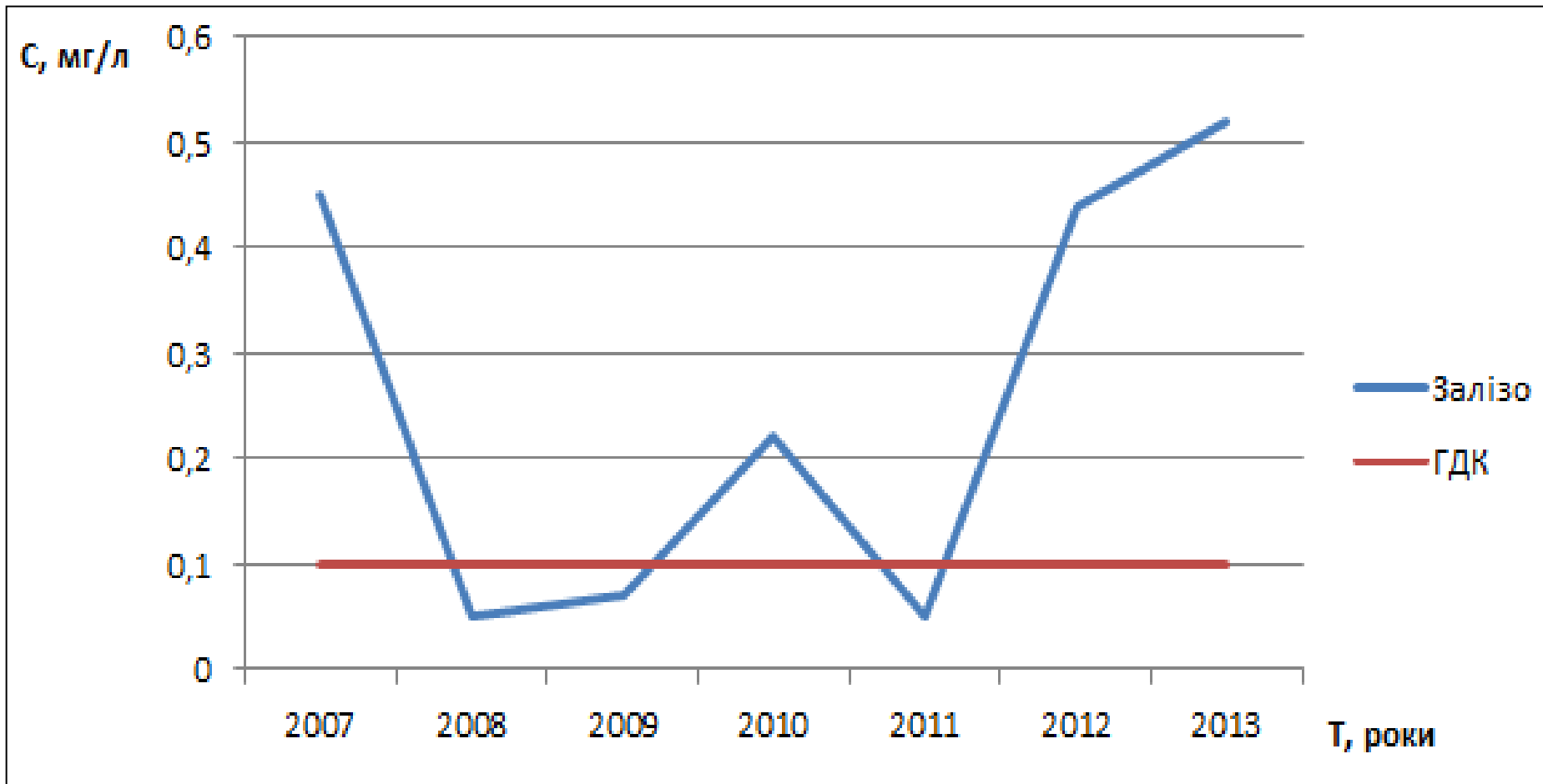
	A	B	C	D	E	K
1	Код	Точка	Дата	Показник	Значення	
2	31	точка№14	15.02.2007	Азот аміаку	0,8	
3	111	точка№14	18.04.2007	Азот аміаку	0,464	
4	189	точка№14	19.07.2007	Азот аміаку	0,28	
5	273	точка№14	14.02.2008	Азот аміаку	0,43	
6	357	точка№14	17.04.2008	Азот аміаку	0,2	
7	440	точка№14	24.07.2008	Азот аміаку	0,67	
8	510	точка№14	16.10.2008	Азот аміаку	0,08	
9	587	точка№14	17.02.2009	Азот аміаку	0,59	
10	667	точка№14	23.04.2009	Азот аміаку	0,4	
11	748	точка№14	16.07.2009	Азот аміаку	0,46	
12	831	точка№14	15.10.2009	Азот аміаку	0,43	
13	912	точка№14	16.02.2010	Азот аміаку	0,81	
14	1000	точка№14	26.04.2011	Азот аміаку	0,27	
15	1090	точка№14	26.07.2011	Азот аміаку	0,34	
16	1182	точка№14	04.10.2011	Азот аміаку	0,85	
17	1218	точка№14	04.10.2011	Азот аміаку	0,85	
18	1306	точка№14	16.02.2012	Азот аміаку	2,15	
19	1386	точка№14	12.04.2012	Азот аміаку	0,85	



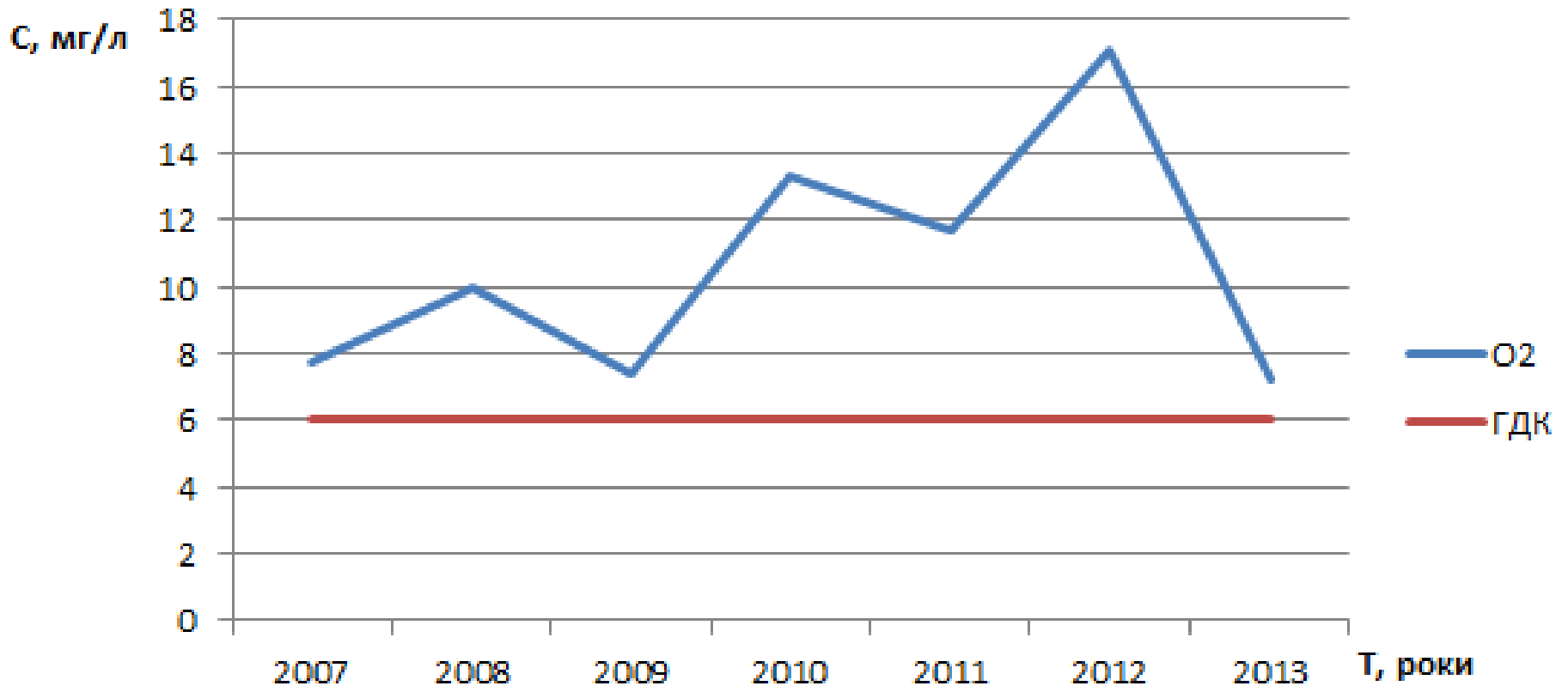
# Графік зміни концентрації $\text{NH}_3$ у воді



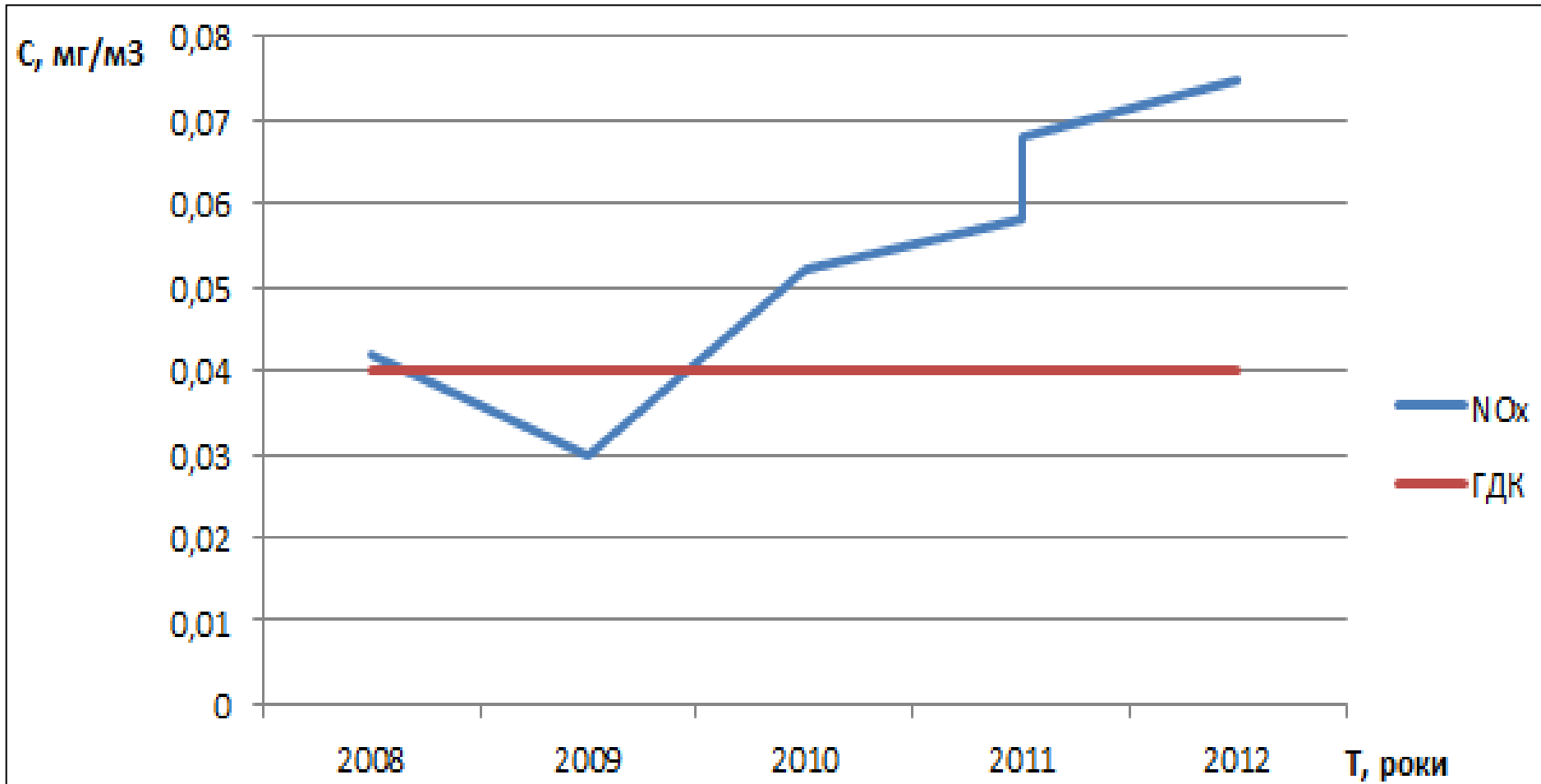
# Графік зміни концентрації Fe у створі №15 протягом 2007-13 рр.



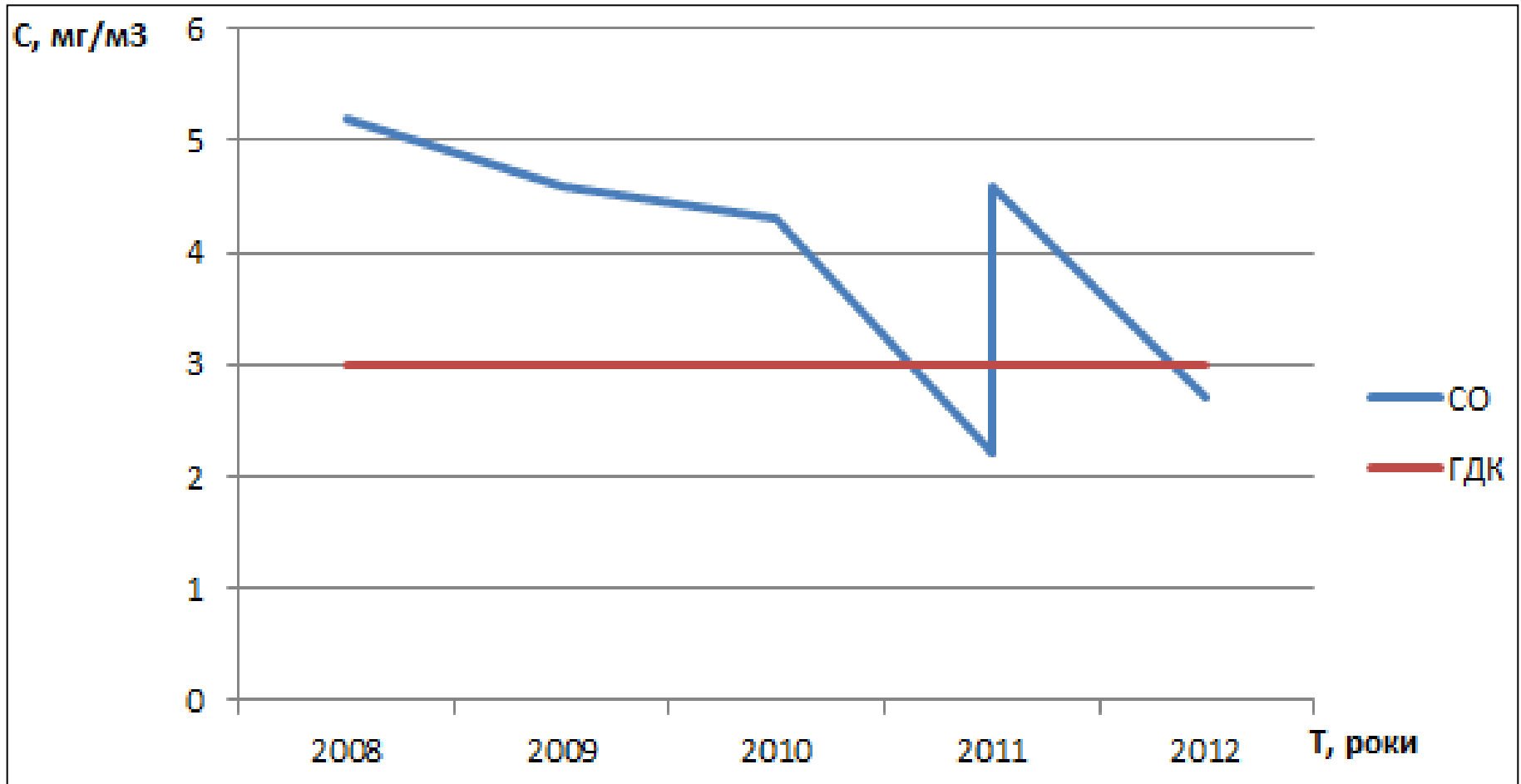
# Графік зміни $O_2$ у створі №14 протягом 2007-13 рр.



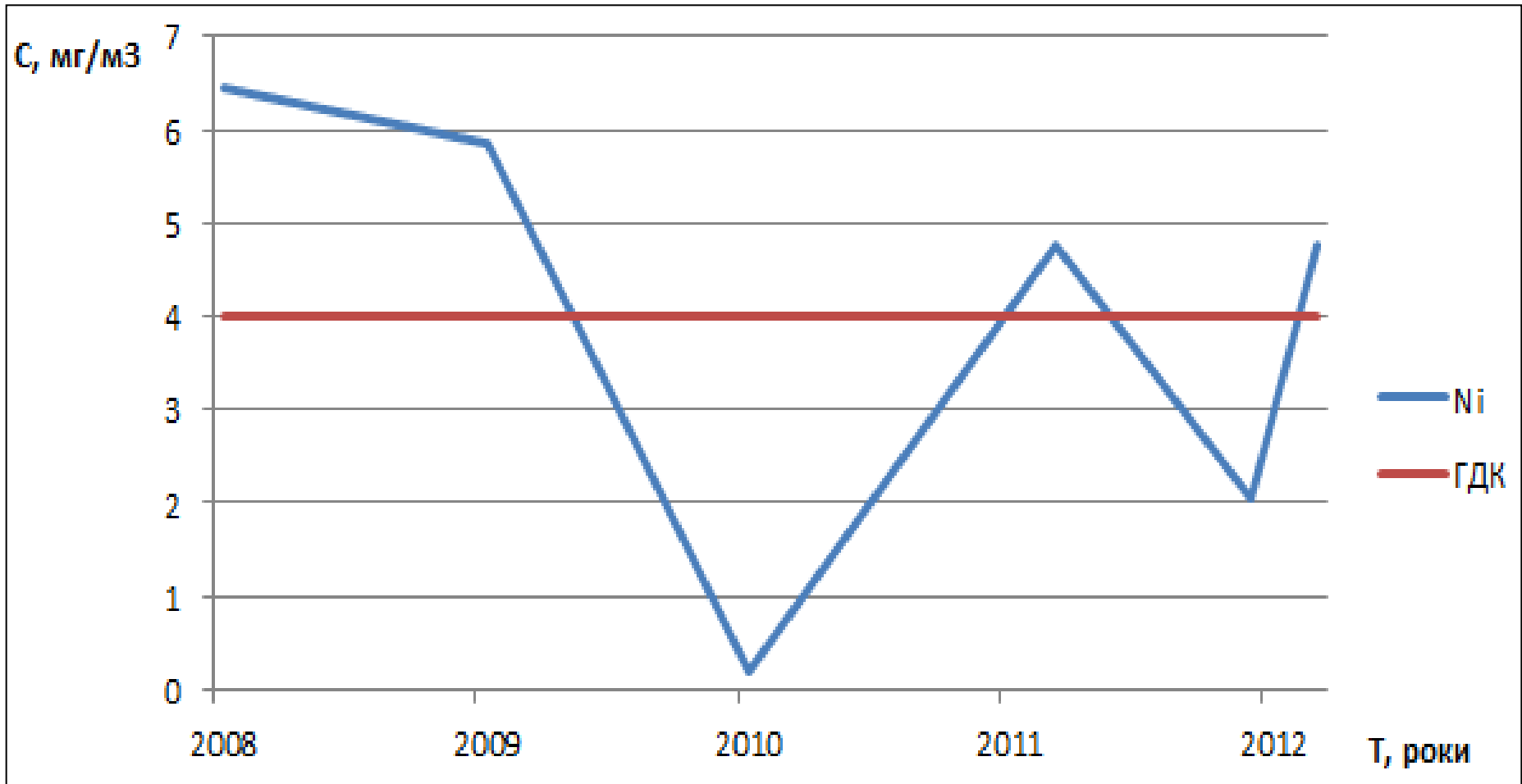
# Графік зміни $\text{NO}_x$ в повітрі точки «Вінницький авіаційний завод»



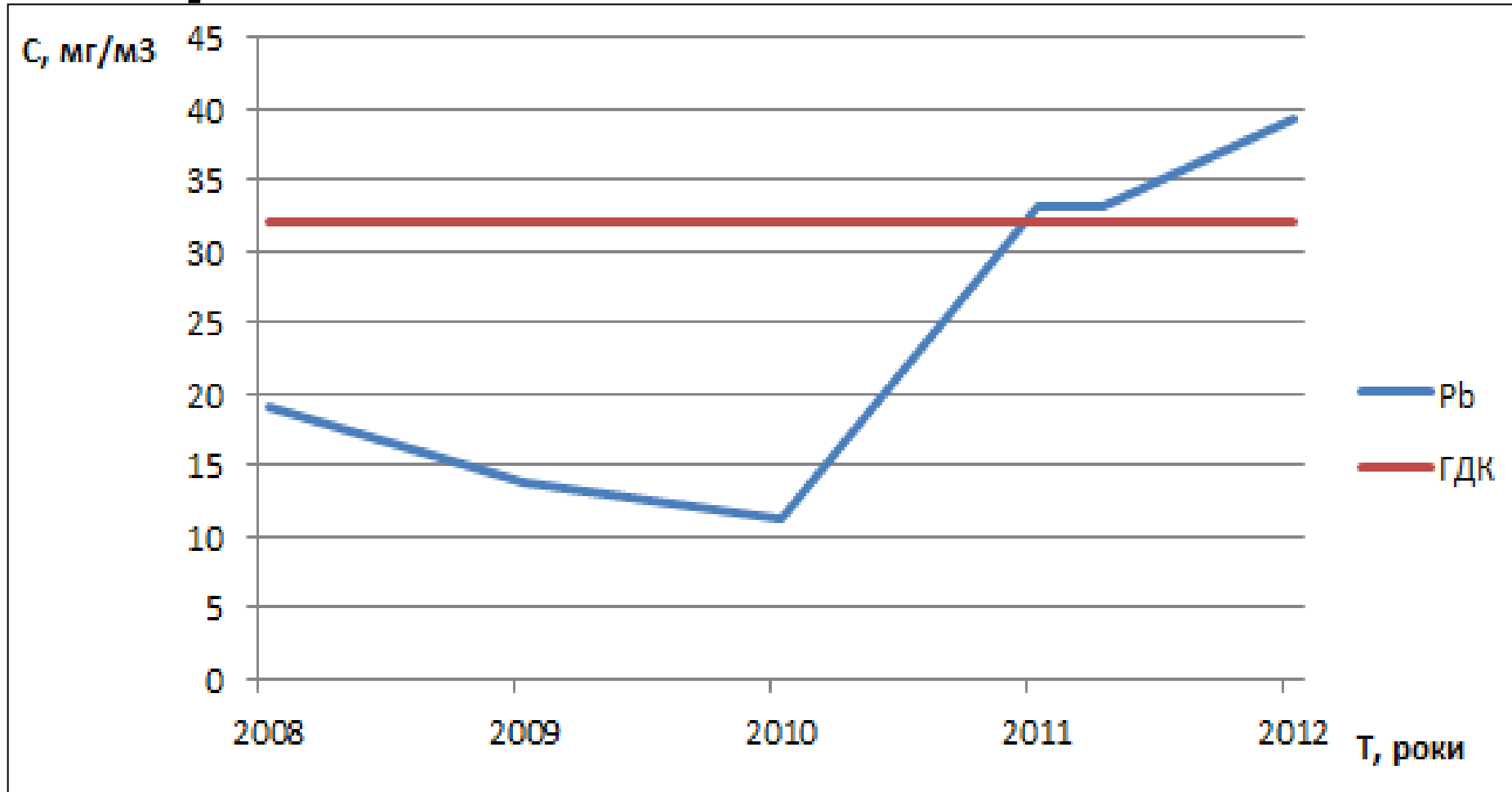
# Графік зміни СО в повітрі точки по вул. Чехова - Немирівське шосе



# Графік зміни вмісту Ні в ґрунті по вул. Хмельницьке шосе – Юності



# Графік зміни вмісту Pb в ґрунті пров. П. Ангеліної, М. Вовчок



# Формули розрахунку коефіцієнтів забруднення

Загальний вигляд формули

$$\gamma = 0.1 \sum_{i=1}^{10} \left( \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_{ij}} \gamma_{ijn} \right),$$

$$\gamma_{ijn} = \begin{cases} \frac{C_{ijn}}{\text{ГДК}_i}, \text{ якщо } \text{ГДК}_i \text{ порушено } (C_{ijn} > \text{ГДК}_i), \\ 1, \text{ якщо } \text{ГДК}_i \text{ задовольняє } (C_{ijn} \leq \text{ГДК}_i), \end{cases}$$

$$\gamma_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_{ij}} \gamma_{ijn},$$

$$\gamma_j = \frac{1}{I_j} \sum_{i=1}^{I_j} \left( \frac{1}{N_{ij}} \sum_{n=1}^{N_{ij}} \gamma_{ijn} \right),$$

Формула для  $O_2$  та рН

$$\gamma_{ijn} = \begin{cases} 1 & \text{при } C_{ijn} \geq \text{ГДК}_i \\ 1 + 9 \frac{\text{ГДК}_i - C_{ijn}}{\text{ГДК}_i - \text{ВЗ}_i} & \text{при } \text{ВЗ}_i \leq C_{ijn} \leq \text{ГДК}_i \\ 10 + 90 \frac{\text{ВЗ}_i - C_{ijn}}{\text{ВЗ}_i - \text{ЕВЗ}_i} & \text{при } C_{ijn} < \text{ВЗ}_i \end{cases}$$

Формула для одного показника на всій ділянці

Формула для всіх показників одного створу



# Розрахунок загального коефіцієнта забруднення довкілля

$$KZ_{\text{заг}} = \beta \cdot KZ_{\text{пов.в}} + \beta \cdot KZ_{\text{підз.в}} + \beta \cdot KZ_{\text{г}} + \beta \cdot KZ_{\text{а}}$$

де  $KZ_{\text{пов.в}}$  – коефіцієнт забрудненості поверхневих вод;

$KZ_{\text{підз.в}}$  – коефіцієнт забрудненості підземних вод;

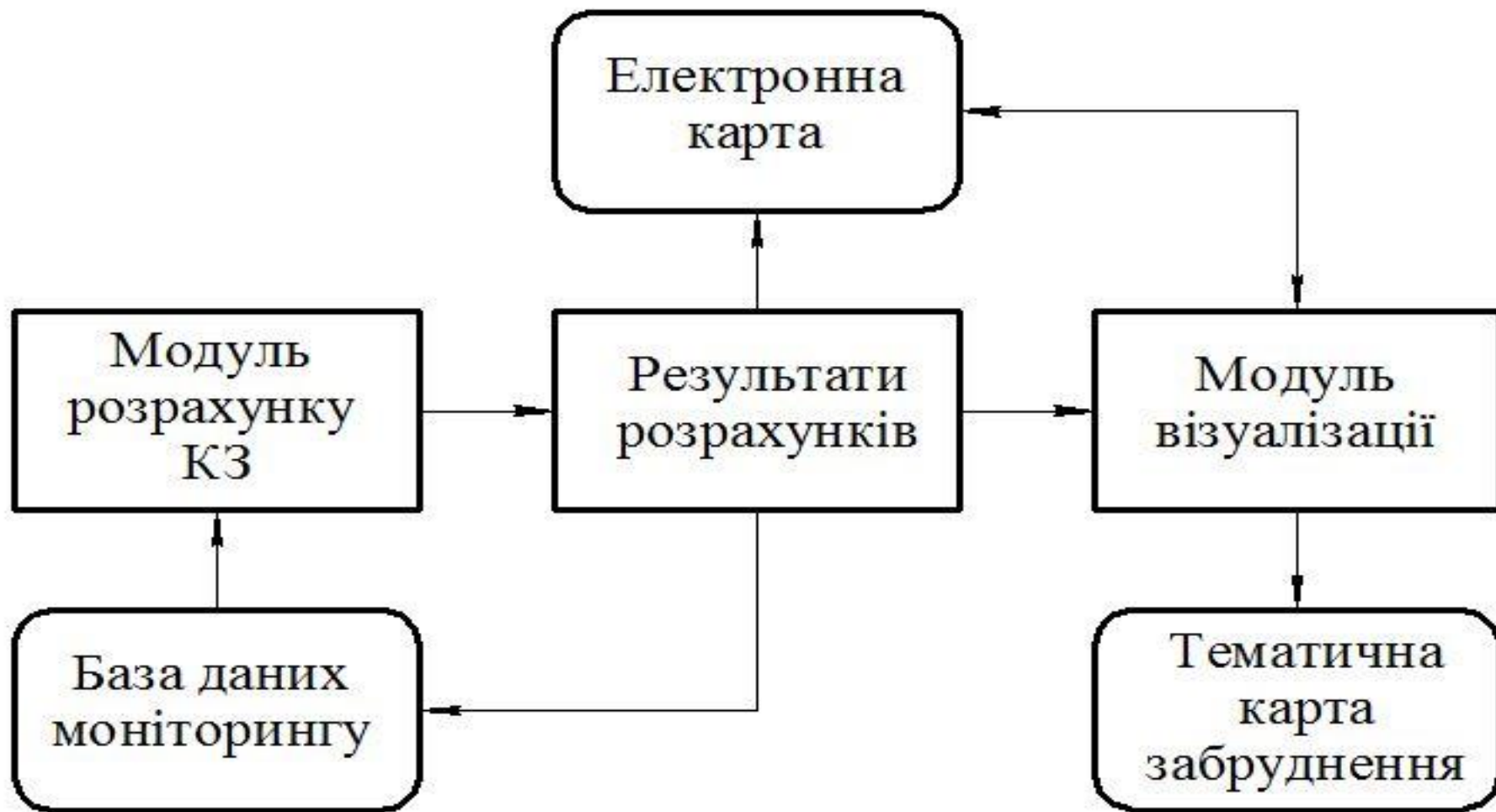
$KZ_{\text{г}}$  – коефіцієнт забрудненості ґрунтів;

$KZ_{\text{а}}$  – коефіцієнт забрудненості атмосфери;

$\beta$  – ваги складових коефіцієнта забрудненості.

Сума всіх ваг повинна бути рівна 1. За відсутності даних щодо певної складової довкілля (наприклад, щодо ґрунтів) необхідно розподілити ваги між трьома іншими так, щоб в сумі все ж було 1.

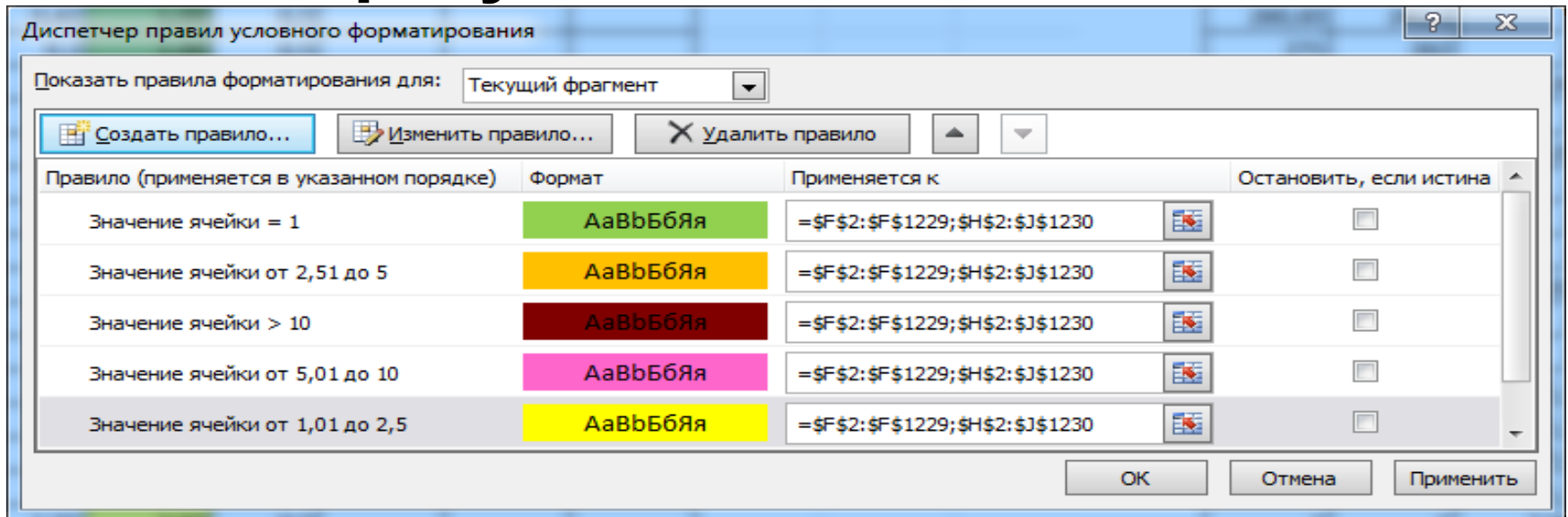
# Схема взаємодії складових при розрахунку та візуалізації індексу загального забруднення міста



# Співвідношення значення КЗ та рівня забрудненості

Значення КЗ	1	1,01...2,50	2,51...5,00	5,01...10,00	Більше 10
Рівень забрудненості	Незабруднені (чисті)	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні

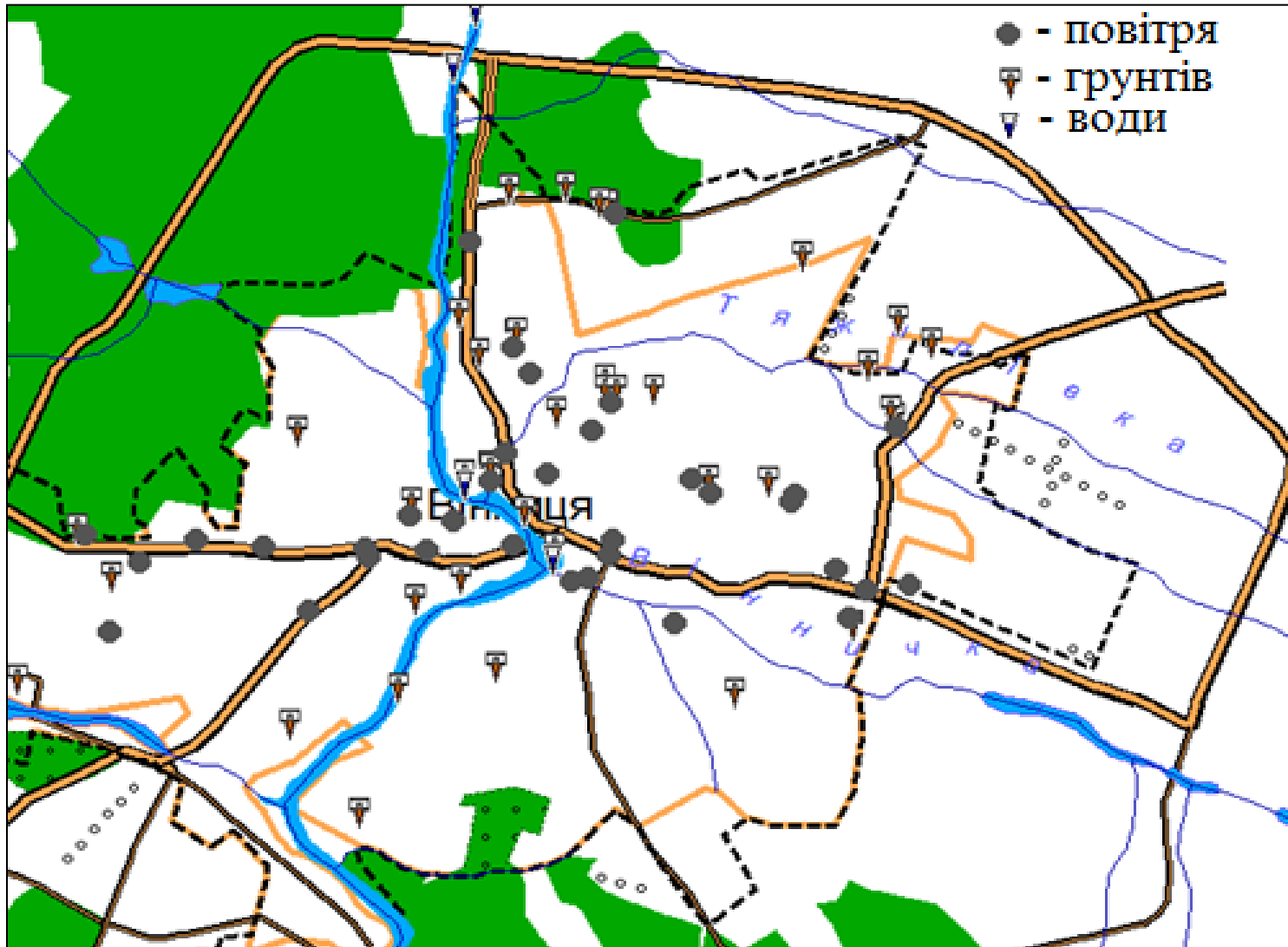
## Умовне форматування отриманих результатів в MS Excel



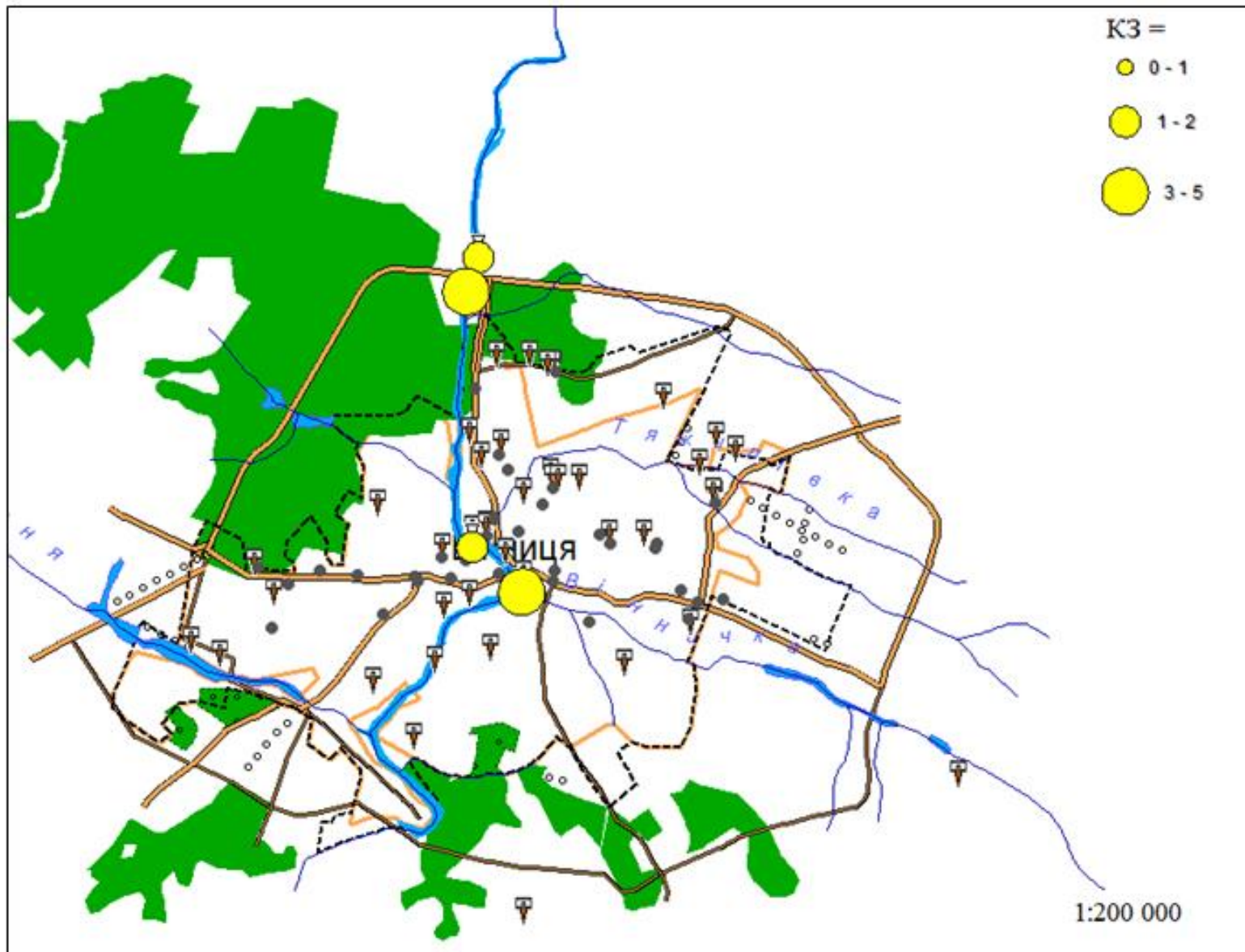
# Вигляд результатів розрахунків

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Код	Точка	Дата	Показник	Значення	КЗ	ГДК р.г.	КЗсер за рік	КЗ точки
2	31	точка№14	15.02.2007	Азот аміаку	0,8	1,60	0,5		
3	111	точка№14	18.04.2007	Азот аміаку	0,464	1,00	0,5		
4	189	точка№14	19.07.2007	Азот аміаку	0,28	1,00	0,5	1,20	
5	273	точка№14	14.02.2008	Азот аміаку	0,43	1,00	0,5		
6	357	точка№14	17.04.2008	Азот аміаку	0,2	1,00	0,5		
7	440	точка№14	24.07.2008	Азот аміаку	0,67	1,34	0,5		
8	510	точка№14	16.10.2008	Азот аміаку	0,08	1,00	0,5	1,09	
9	587	точка№14	17.02.2009	Азот аміаку	0,59	1,18	0,5		
10	667	точка№14	23.04.2009	Азот аміаку	0,4	1,00	0,5		
11	748	точка№14	16.07.2009	Азот аміаку	0,46	1,00	0,5		
12	831	точка№14	15.10.2009	Азот аміаку	0,43	1,00	0,5	1,05	
13	912	точка№14	16.02.2010	Азот аміаку	0,81	1,62	0,5	1,62	
14	1000	точка№14	26.04.2011	Азот аміаку	0,27	1,00	0,5		
15	1090	точка№14	26.07.2011	Азот аміаку	0,34	1,00	0,5		
16	1182	точка№14	04.10.2011	Азот аміаку	0,85	1,70	0,5		
17	1218	точка№14	04.10.2011	Азот аміаку	0,85	1,70	0,5	1,35	
18	1306	точка№14	16.02.2012	Азот аміаку	2,15	4,30	0,5		
19	1386	точка№14	12.04.2012	Азот аміаку	0,85	1,70	0,5		
20	1468	точка№14	17.07.2012	Азот аміаку	1,01	2,02	0,5		
21	1555	точка№14	25.10.2012	Азот аміаку	0,68	1,36	0,5	2,35	
22	1634	точка№14	07.05.2013	Азот аміаку	0,68	1,36	0,5		
23	1693	точка№14	24.07.2013	Азот аміаку	0,47	1,00	0,5	1,18	
24	32	точка№14	15.02.2007	Азот нітратів	10,51	1,17	9		
25	112	точка№14	18.04.2007	Азот нітратів	3,17	1,00	9		

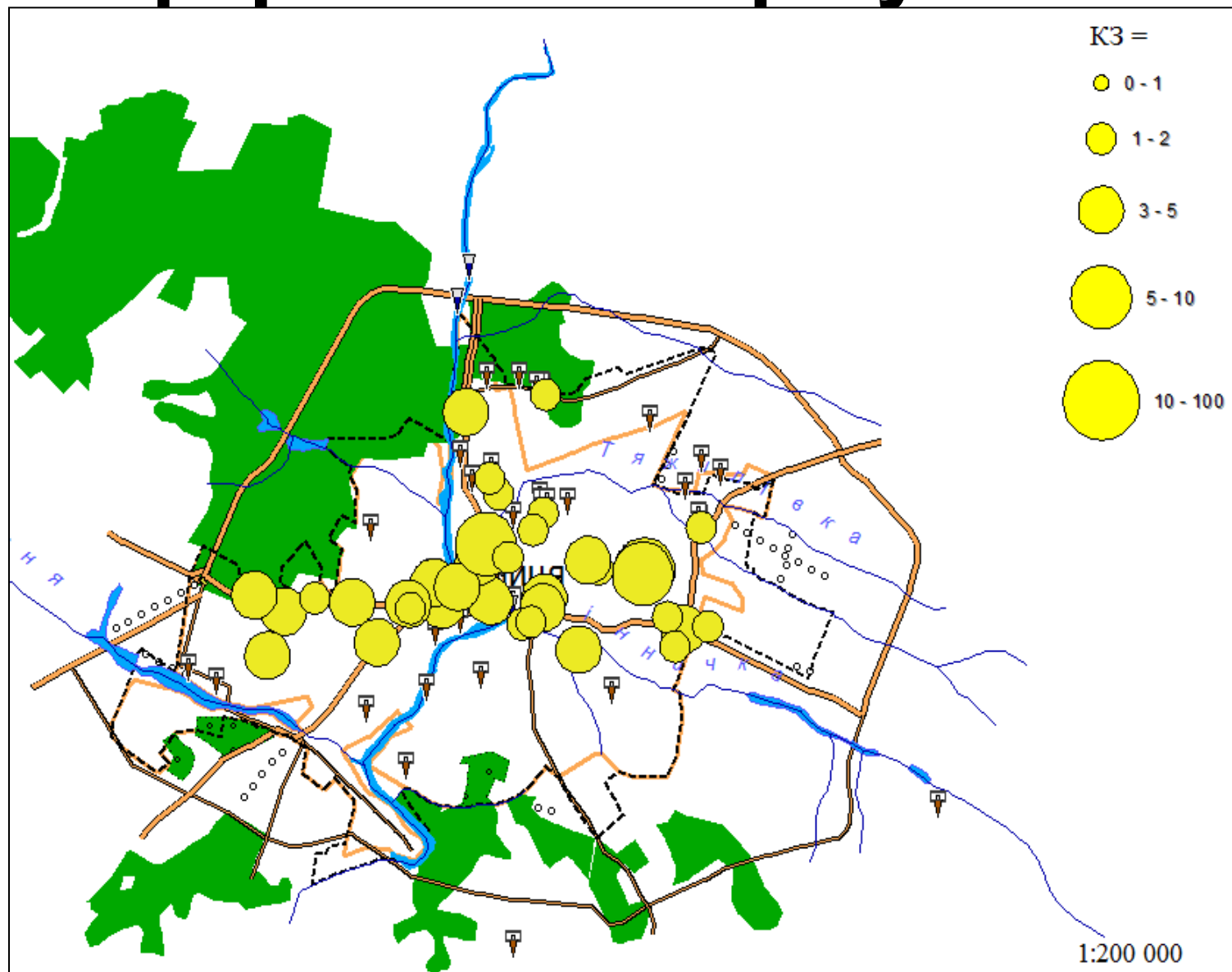
# Місця відбору проб складових довкілля у м. Вінниця



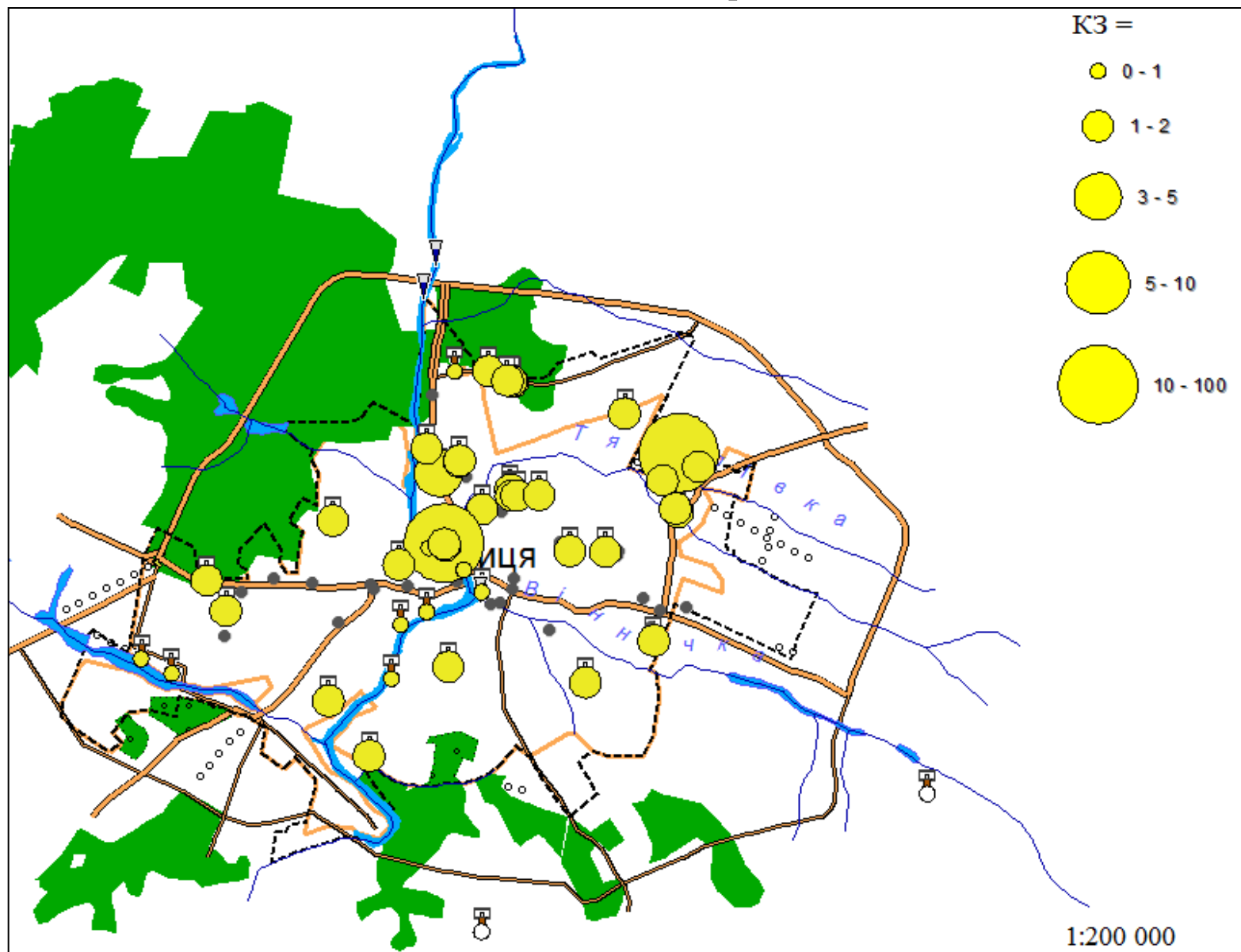
# Тематична карта якості поверхневих вод у м. Вінниця



# Тематична карта якості атмосферного повітря у м. Вінниця

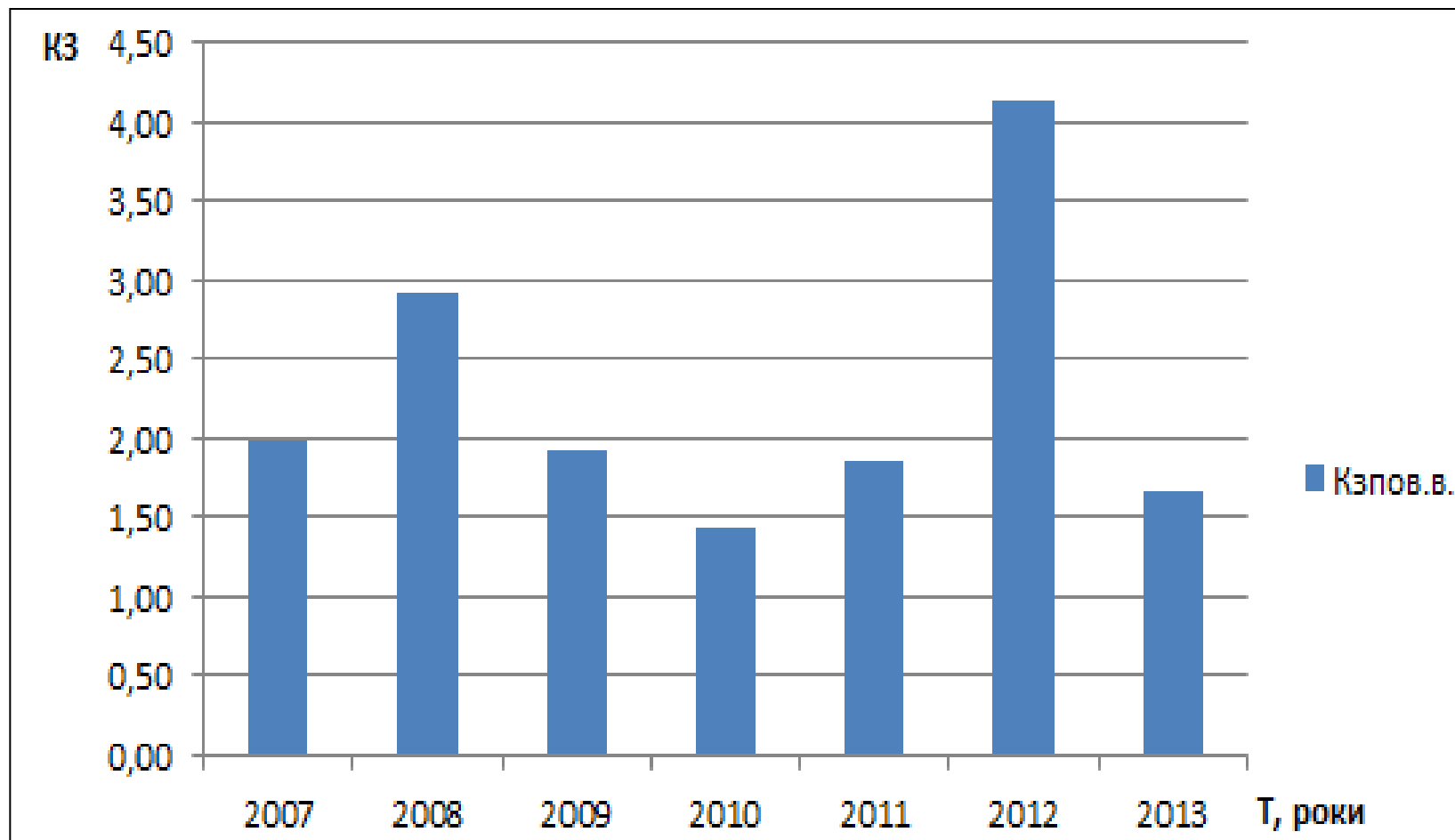


# Тематична карта якості ґрунтів у м. Вінниця

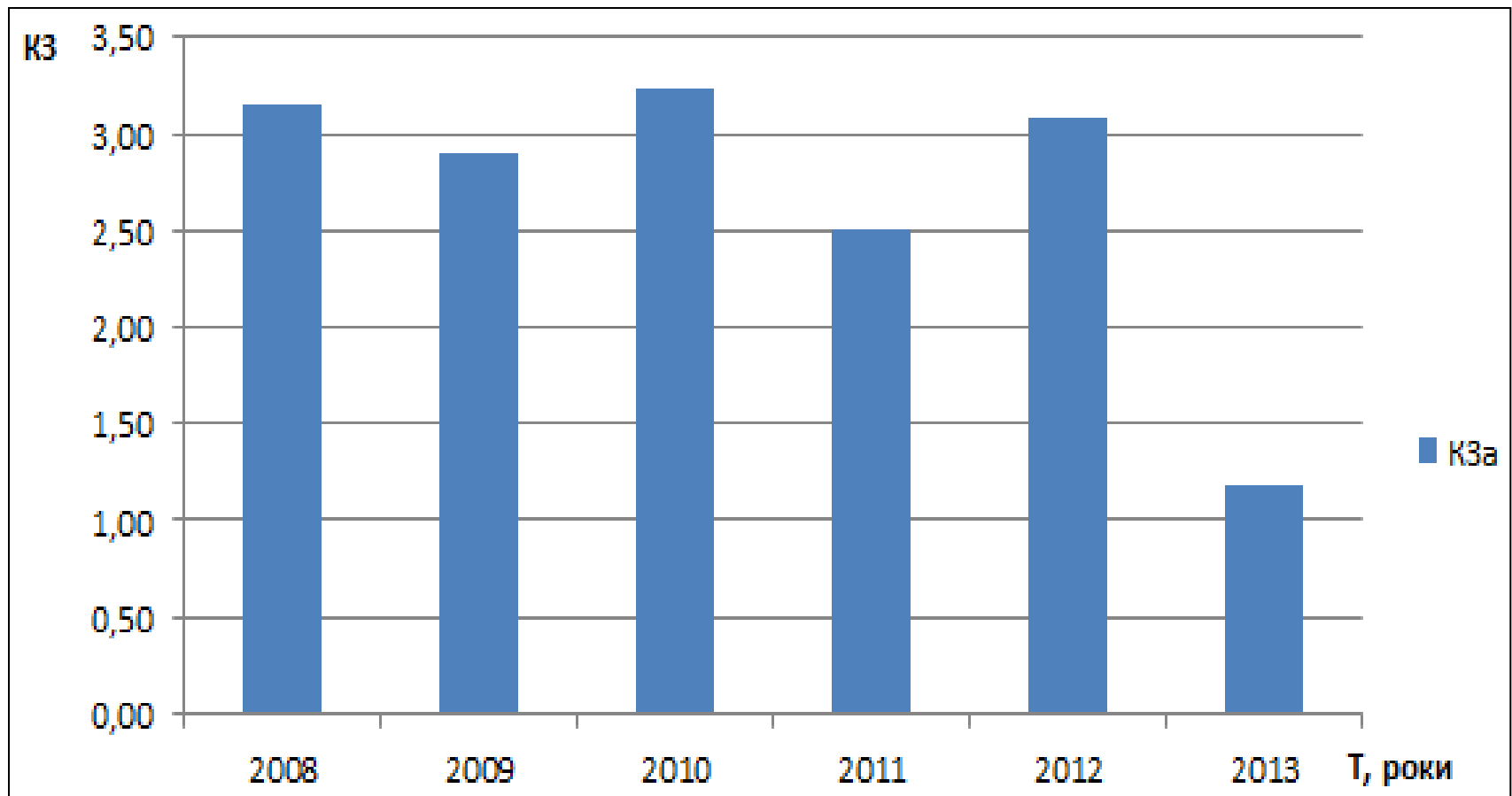




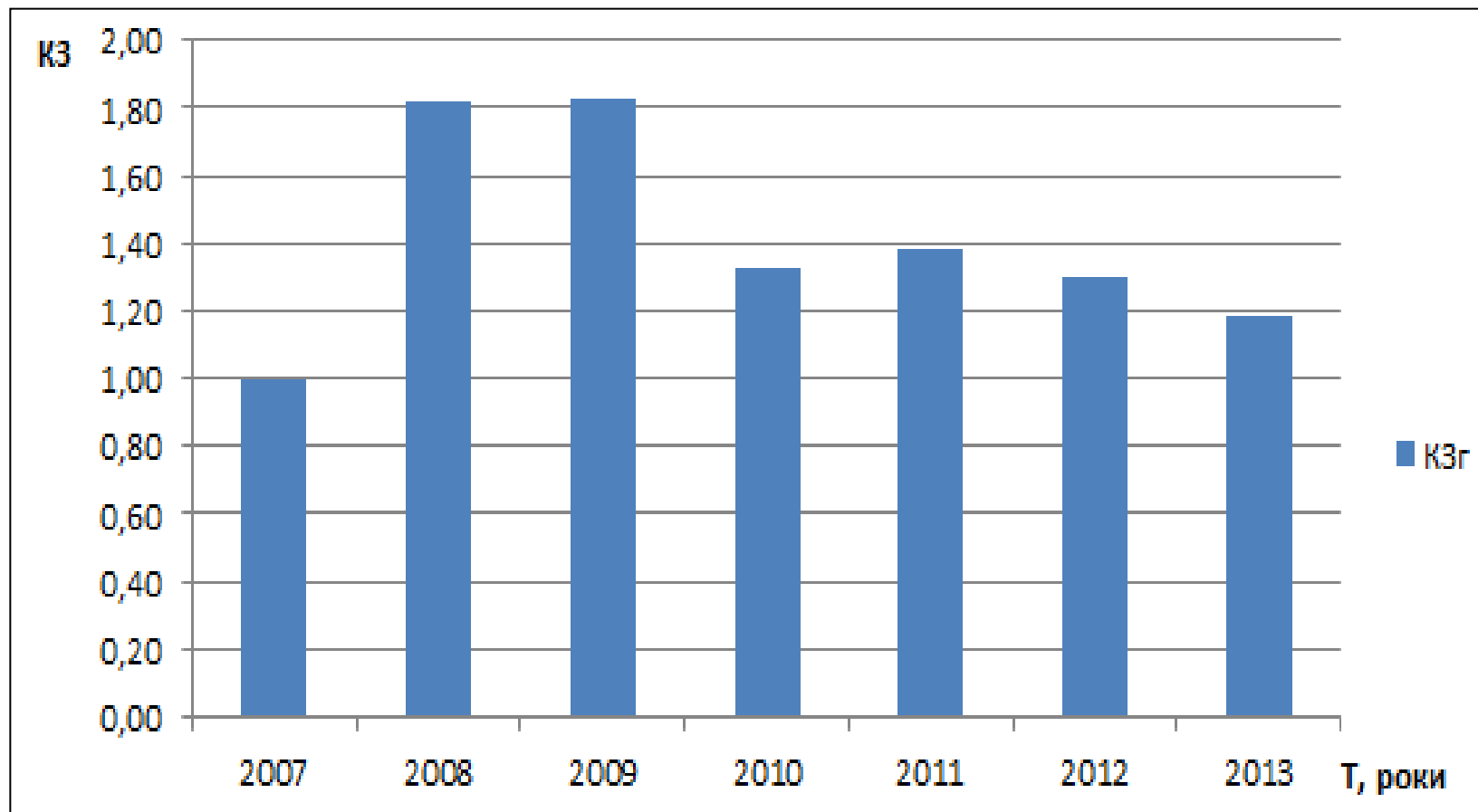
# Графік зміни КЗ поверхневих вод протягом 2007 – 2013 років



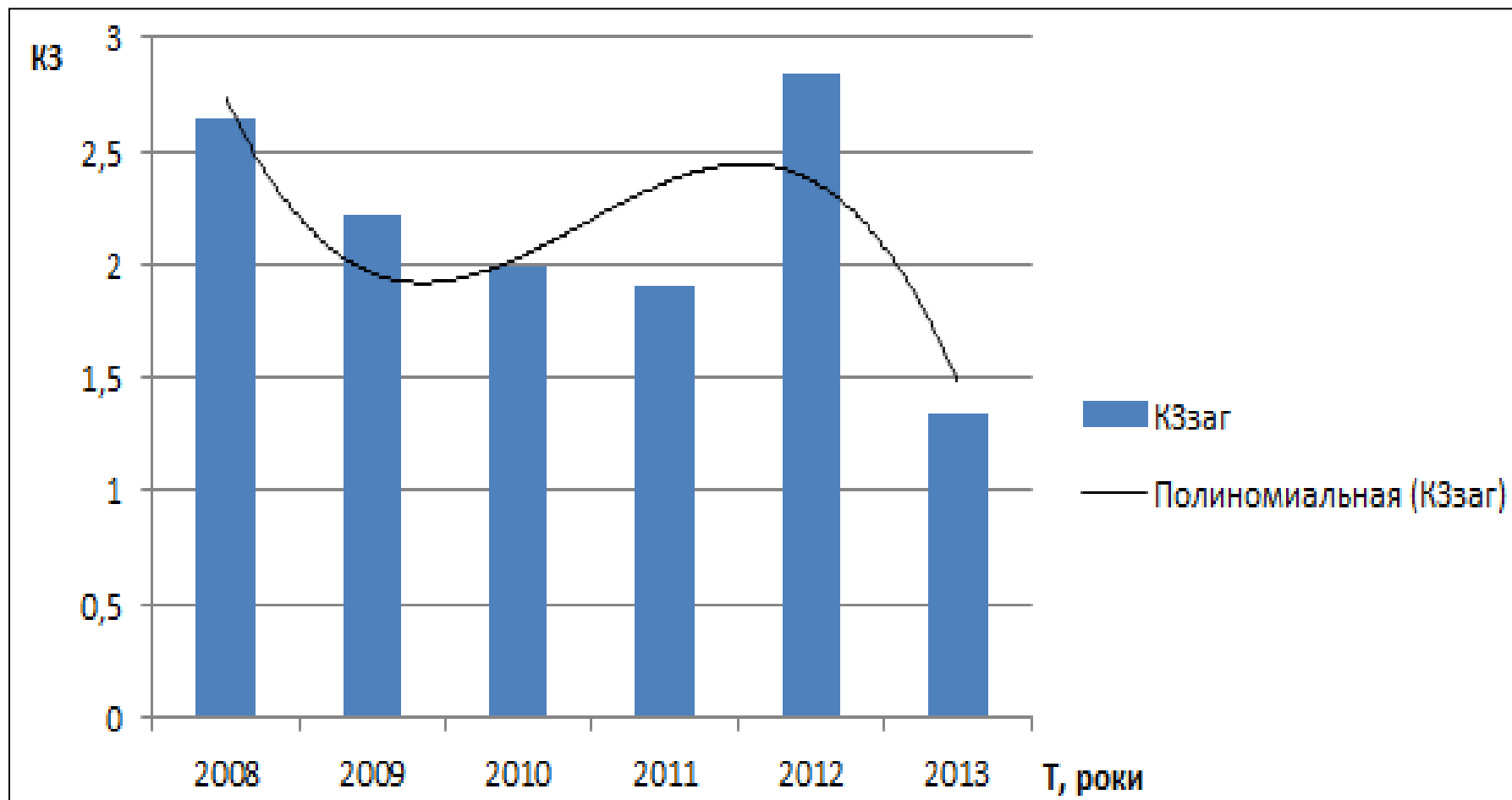
# Графік зміни КЗ повітря протягом 2008 – 2013 років



# Графік зміни КЗ ґрунтів протягом 2007 – 2013 років



# Графік зміни $KZ_{заг}$ протягом 2008 – 2013 років з трендом



# Рекомендації щодо покращення стану атмосферного повітря міста Вінниця

- впровадження енергозберігаючих технологій;
- утилізація органічних відходів, у тому числі побутових;
- створення нових лісових насаджень та підвищення лісистості зони міста;
- виведення з густонаселених житлових кварталів за межі міста транспортних підприємств, вантажного транзитного автомобільного транспорту;
- обмеження в'їзду автомобільного транспорту в місцях сильного антропогенного навантаження міста;
- необхідно реконструювати малоефективні котельні, системи тепло забезпечення міста;
- також, для покращення стану атмосферного повітря у місті необхідно продовжити роботи з ремонту доріг та їх перепланування.

# Пропозиції щодо зменшення забруднення поверхневих та підземних вод міста

## Вінниця:

- фінансувати та реконструювати очисні споруди населених міст, що знаходяться вище за течією від Вінниці;
- знижувати водоємність виробництв шляхом зменшення витрачання води на одиницю продукції з мінімальною кількістю стічних вод та інших відходів;
- впроваджувати на більшості промислових підприємств замкнуті системи водопостачання;
- удосконалити очистку стічних вод, особливо у зимовий період;
- використовувати комунально-побутові стічні води на зрошення і для водопостачання промисловості;
- удосконалювати або змінювати технології виробництва з метою зменшення насичення стічних вод шкідливими домішками і речовинами;
- контролювати або обмежувати використання отрутохімікатів і добрив на сільськогосподарських угіддях.

# Рекомендації щодо покращення стану ґрунтів міста Вінниця

- використовувати вапнування для нейтралізації кислотності, вносити органічні і мінеральні добрива (в певних кількостях);
- застосовувати протиерозійне лісонасадження, виконувати оранку схилів;
- раціонально використовувати хімікати в залежності від того чи іншого типу ґрунту;
- чітко дотримуватися технологічних заходів відновлення якості земель;
- виведення з обробітку деградованих та малопродуктивних земель;
- вдосконалювати існуючі технології охорони ґрунтів та створювати нові, що дасть змогу підтримувати і захищати ґрунти від небажаного впливу.

# Наукова новизна одержаних результатів

- Вперше розраховано та візуалізовано інтегральні коефіцієнти забруднення навколишнього середовища м. Вінниця окремо по складовим довкілля, що дозволяє більш ефективно аналізувати складові довкілля міста;
- Вперше розраховано та візуалізовано загальний інтегральний індекс забруднення довкілля м. Вінниця, що дозволяє більш ефективно здійснювати управління в галузі охорони довкілля.



# Висновки

- В дипломній роботі було розраховано та візуалізовано загальні коефіцієнти забруднення довкілля міста Вінниця із метою покращення управління в галузі охорони навколишнього природного середовища на рівні Вінницького району.
- Наведено огляд основних проблем визначення інтегральних індексів довкілля в Україні. Охарактеризовано екологічний стан міста Вінниця та прилеглих територій. Досліджено вітчизняні та закордонні методи розрахунків коефіцієнтів забруднення довкілля.
- Проведено техніко-правове обґрунтування доцільності визначення загальних коефіцієнтів забруднення довкілля, а саме: нормативно-правове забезпечення та методи визначення стану повітря, водних об'єктів, ґрунтів. Визначено суть технічної проблеми та шляхи її вирішення, обґрунтовано вибір базових програмних компонентів та визначено мінімальні технічні вимоги.

# Висновки (Продовження)

- Проведено розрахунок економічної ефективності впровадження методики розрахунку інтегрального стану довкілля. Отримані результати свідчать що розробка є економічно вигідною та окупиться за один рік.
- Зроблено систематизацію даних, необхідних для визначення інтегральних індексів забруднення міста Вінниця, бази даних з даними моніторингу перетворено в уніфікований однаковий формат, було розраховано коефіцієнти забруднення окремо по атмосферному повітрю, поверхневим водам та ґрунтам, та побудовано тематичні карти забруднення міста.
- Візуалізовано графіки попередньо розрахованих даних з наступним їх аналізом, розраховано інтегральний індекс забруднення довкілля м. Вінниці, який дорівнює 2,375, що означає що навколишнє середовище у м. Вінниця є слабо забрудненим. Побудовано графік тенденції змін загального коефіцієнта забруднення з поліноміальним трендом та запропоновано рекомендації щодо покращення стану навколишнього середовища в місті Вінниця.



**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !**