

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 502.63

**О.М. ТРОФИМЧУК, В.М. ТРИСНЮК, М.В. КРИХІВСЬКИЙ,
В.І. МОКРИЙ**

МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ

***Анотація.** Модель оцінювання впливу екологічного стану навколишнього середовища на здоров'я населення є завершенням моніторингових досліджень і прийняттям управлінських рішень щодо оптимізації заходів для поліпшення медико-екологічних умов. Дослідження концентрацій окремих хімічних елементів поверхневих вод та стану захворюваності систем кровообігу та дихання людей Тернопільської області показало наявність зв'язку між концентрацією цинку в поверхневих водах та захворюваннями органів кровообігу людей.*

***Ключові слова:** екологічна безпека, екологічні маркери, здоров'я населення, екологічний моніторинг, інструментально-лабораторний контроль, природно-техногенні загрози.*

Вступ

Вплив чинників екологічного середовища на здоров'я населення можна перевірити моніторинговими дослідженнями і прийняти управлінські рішення щодо оптимізації заходів для поліпшення медико-екологічних умов.

Основні проблеми стосовно обмеження впливу чинників екологічного середовища на здоров'я населення на всіх рівнях такі:

- 1) недостатня спрямованість екологічних досліджень з виявлення впливу чинників екологічного і суміжних середовищ на здоров'я населення;
- 2) недостатня державна підтримка екологічних досліджень та інформування населення (якість питної води, геофізичні поля тощо) про можливі небезпеку та ризик розвитку несприятливих для здоров'я і життя екологічних процесів;
- 3) оптимізація взаємодії життєдіяльності з екологічним середовищем, зокрема стратегії раціонального водокористування для забезпечення потреб населення.

У зв'язку з цим потрібно розробити концепцію методології медико-екологічного моніторингу й намітити шляхи вирішення проблеми впливу

негативних процесів, що відбуваються у межах екологічного середовища, на здоров'я населення. Медико-екологічний моніторинг – це комплексна науково-інформаційна система періодичних або безперервних тривалих спостережень за станом екологічного середовища (процесами і явищами, що в ньому відбуваються), показниками здоров'я населення з метою обґрунтування їх взаємозв'язку й запобігання захворюваності, розробки оптимізаційних заходів для запобігання негативній ситуації та мінімізації її наслідків [1].

Природно-соціальний підхід до оцінки якості навколишнього середовища передбачає, в першу чергу, оцінку стабільності середовища існування людини, під яким розуміють сукупність природних умов і антропогенно-природних факторів, які виключають настання будь-яких психологічних, психічних, фізіологічних, генетичних та інших ефектів для здоров'я людини протягом її життя [2].

Аналіз попередніх досліджень і публікацій

Останнім часом в Україні опубліковано ряд праць, у яких висвітлені загальні аспекти оцінювання впливу екологічного стану навколишнього середовища на здоров'я населення. Дослідниками доведена залежність між хімічним складом ґрунтів, поверхневих вод і захворюваністю населення. Цій проблематиці присвячені роботи: Рудька Г.І., Трофимчука О.М., Крихівського М.В., Адаменка О.М., Яковлева Є.О. та ін.

Основна частина

Вміст окремих хімічних елементів в ґрунтах територій проживання людей через воду, продукти харчування, дихання відображається на балансі мікроелементів в організмі людини. Проблема ускладнена тим, що в сучасному прогнозуванні змін екологічної ситуації не врахована організація екологічного моніторингу як визначального чинника формування параметрів розвитку геодинамічних, геохімічних та інших процесів, що впливають на здоров'я населення. Цей вплив принципово відрізняється у межах природних і техноприродних геосистем у різних за організацією типах екологічного середовища. У техноприродних геосистемах він до того ж значно посилений і складно передбачуваний.

Якість продуктів харчування, хімічний склад питної води, атмосферного повітря також переважно визначаються природним станом геологічного середовища і майже завжди погіршуються за прямого чи опосередкованого техногенного впливу. Формування дієвої системи оцінки й прогнозування впливу екологічного середовища на здоров'я населення – обов'язкова умова успішного реагування і вжиття заходів, спрямованих на мінімізацію цього впливу. В Україні на державному рівні така система не сформована.

Основою моніторингових робіт є отримання інформаційних потоків, їх обробка, ранжування, створення на їх основі різних за масштабами і ступенем вірогідності моделей прогнозування і управління (рис. 1). Призначення алгоритмічної моделі – визначення основних просторово-часових закономірностей розвитку небезпечних геологічних процесів, тектоніко-фізичної, геолого-тектонічної організації геологічного середовища [3]. Це упорядкована система відповідних оцінок, яка ґрунтується на знаннях і досвіді експертів,

результатах аналізу фондових і опублікованих матеріалів стосовно досліджуваної проблеми. Вона дає змогу визначити об'єм досліджень, режим їх виконання, реалізувати попередній прогноз стану системи і намітити першочергові заходи. Показники, що входять до інтегрального критерію оцінки системи людина – екологічне середовище, визначають на підставі інформації, отриманої від відповідних служб (гідрометеорологічної, санітарно-епідеміологічної тощо).

Деякі показники мають бути отримані в результаті спеціальних досліджень, що фінансуються з бюджетів різних рівнів.



Рис. 1 – Приклад алгоритму дослідження структури автоматизованої інформаційної системи з оцінки впливу техноприродного середовища на стан здоров'я населення

Розглянемо питання формування стратегії оцінювання екологічного стану досліджуваних територій, яка визначає стан і обсяги впливу окремих виробничих компонент, що проникають у навколишнє середовище, на здоров'я людей. Вирішення цих проблем набуває великої ваги для будь-яких територій саме за умов невизначеності ринкових відносин, що є характерною рисою стану перехідної економіки сучасної України, і дає змогу знизити ризик помилкових пропозицій, висновків та управлінських рішень.

На сьогодні закінчених досліджень з адекватним аналітичним моделюванням зв'язку потрапляння мікроелементів в організми людей та виникненням захворювань практично немає. Тому важливі статистичні дослідження, які в першому наближенні можуть характеризувати процеси, що тісно пов'язані з екологічною безпекою середовища проживання людей. Вони значно підвищують ефективність екологічної політики, яка неможлива без пріоритету здоров'я населення у фокусі несприятливих впливів навколишнього

середовища. Можемо констатувати, що в Україні цілісного підходу і єдиної методології моніторингу стану екосистем і здоров'я населення, їх взаємозв'язків в організаційно-технічному й інформаційно-аналітичному розумінні поки що не створено [4].

Відбір проводився за методиками у відповідності до вимог ГОСТ 17.04.3.01-83 та 17.4.4.02-84 з урахуванням водної, ландшафтної та геоморфологічної карт області для охоплення рівномірною мережею. Також брали до уваги дані Державної екологічної інспекції та санепідемстанції.

Територіально проби охоплювали всю область. Аналіз виконувався рентгенофлюоресцентним методом приладом НАТ (аналізатором токсичних елементів).

Дослідження основних екологічних умов проживання населення Тернопільської області починалося з відбору проб та їх аналізу. Відповідно до адміністративного поділу області ми виділили 17 екологічних дільниць, що характеризувалися числовими значеннями концентрацій окремих хімічних елементів, поверхневих вод (табл. 1) та захворюваністю (табл. 2).

Таблиця 1. Результати інструментально-лабораторного контролю якості поверхневих вод Тернопільської області за 2012 рік

№ з/п	Район	Хімічні елементи							
		Zn	Cd	Ca	Co	Mn	Mg	Cu	Ni
1	Бережанський	0,192	0,001	54,11	0,001	17,02	0,076	0,0020	0,003
2	Борщівський	0,221	0,003	56,1	0,046	29,2	0,0228	0,0006	0,0021
3	Бучацький	0,214	0,006	92,2	0,0176	10,94	0,0462	0,0033	0,0076
4	Гусятинський	0,198	0,006	78,2	0,002	15,5	0,133	0,013	0,0038
5	Заліщицький	0,164	0,006	78,2	0,007	20,7	0,035	0,005	0,004
6	Збаразький	0,266	0,002	66,2	0,004	13,38	0,083	0,009	0,0056
7	Зборівський	0,219	0,003	56,1	0,001	21,9	0,143	0,0072	0,0021
8	Козівський	0,131	0,004	84,2	0,012	25,54	0,0383	0,008	0,005
9	Кременецький	0,197	0,007	66,1	0,003	21,88	0,029	0,065	0,0071
10	Ланівецький	0,241	0,002	50,1	0,001	14,59	0,049	0,0046	0,0015
11	Монастирський	0,205	0,005	79,2	0,006	18,24	0,008	0,005	0,003
12	Підволочиський	0,256	0,006	110,2	0,008	21,9	0,057	0,011	0,0123
13	Підгаєцький	0,128	0,003	68,1	0,006	23,1	0,105	0,002	0,0031
14	Теребовлянський	0,249	0,002	80,2	0,020	52,29	0,046	0,0018	0,0015
15	Тернопільський	0,169	0,003	56,1	0,0126	18,24	0,0057	0,014	0,006
16	Чортківський	0,03	0,005	98,2	0,0146	12,16	0,046	0,009	0,003
17	Шумський	0,102	0,004	55,1	0,031	34,05	0,064	0,025	0,009

Таблиця 2. Показники захворюваності жителів Тернопільської області за 2012 рік

№ з/п	Район	Захворюваність на 100 тисяч населення	
		кровообігу	дихання
1	Бережанський	775	239
2	Борщівський	705	247
3	Бучацький	778	272
4	Гусятинський	736	168
5	Заліщицький	857	187
6	Збаразький	768	177
7	Зборівський	703	257
8	Козівський	740	168
9	Кременецький	637	146
10	Ланівецький	772	176
11	Монастирський	803	293
12	Підволочиський	873	357
13	Підгаєцький	742	260
14	Теребовлянський	761	170
15	Тернопільський	689	278
16	Чортківський	72	357
17	Шумський	775	212

Розрахунки коефіцієнта кореляції (табл. 3) вказують на відсутність статистичного зв'язку досліджень ґрунтів та стану захворюваності систем кровообігу та дихання людей Тернопільської області. Це можна пояснити тим, що тут немає інтенсивного промислового виробництва, та значною віддалю від промислових закордонних центрів.

Таблиця 3. Коефіцієнти кореляції

Хімічні елементи	Органи кровообігу	Органи дихання
Концентрації в поверхневих водах		
Zn	0,65514118	-0,25512
Cd	-0,09703342	0,133124
Ca	-0,19953808	0,44687
Co	-0,0961386	0,121366
Mn	0,21735747	-0,28481
Mg	0,05557506	-0,11593
Cu	-0,1309171	-0,30888
Ni	0,22678579	0,244362

Коефіцієнт кореляції між концентрацією цинку в поверхневих водах та захворюваннями органів кровообігу склав 0,65514118, що свідчить про можливість існування такого статистичного зв'язку. Оскільки об'єм вибірки 17, тоді покращити оцінку коефіцієнта кореляції генеральної сукупності можна формулою [1]:

$$r^* = r \left[1 + \frac{1 - r^2}{2(n - 3)} \right], \quad (1)$$

де r^* – оцінка коефіцієнта кореляції генеральної сукупності, r – коефіцієнт кореляції, n – об'єм вибірки. Уточнюючий розрахунок оцінки коефіцієнта кореляції генеральної сукупності показав 0,66849647. 95%-ий довірчий інтервал знайдемо для $r = 0,67$ і $n = 17$. Він становить $[0,3; 0,85]$, що дозволяє стверджувати про наявність кореляції між концентрацією цинку в поверхневих водах території проживання та захворюваннями органів кровообігу людей. Такий зв'язок, на нашу думку, пояснюється ланцюгом поверхневі води – свійські тварини – продукти харчування.

Апроксимуюча залежність підбиралась як найточніша з функцій:

$$\begin{aligned} y_1(x) &= a_0 + a_1 \cdot x \quad (2); & y_2(x) &= a_0 + \frac{a_1}{x} \quad (3); & y_3(x) &= a_0 + a_1 \cdot \ln(x) \quad (4); \\ y_4(x) &= a_0 \cdot e^{a_1 \cdot \ln(x)} \quad (5); & y_6(x) &= \frac{1}{a_0 + a_1 \cdot x} \quad (6); & y_7(x) &= a_0 \cdot e^{a_1 \cdot x^2} \quad (7); \\ y_8(x) &= \frac{x}{a_0 \cdot x + a_1} \quad (8); & y_9(x) &= a_0 + a_1 \cdot x^3 \quad (9); & y_{10}(x) &= a_0 + a_1 \cdot x^2 \quad (10) \end{aligned}$$

та підбором коефіцієнтів і степені поліному

$$Q(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_m x^m. \quad (11)$$

У результаті точнішою з функцій є y_2 з коефіцієнтами $a_0 = 882,146$ і $a_1 = -23,342$. Поліном (рис. 2) дає кращу точність моделі залежності захворювань органів кровообігу К (випадків на 100 тисяч населення за рік) та концентрації Zn (мг/кг) в поверхневих водах території проживання. Це поліном 5-го порядку з коефіцієнтами $a_0 = -763.3318641980371$, $a_1 = 3.60565889461262 \cdot 10^4$, $a_2 = 3.043801132113025 \cdot 10^5$, $a_3 = 1.097506911991789 \cdot 10^6$, $a_4 = -1.515608508078506 \cdot 10^6$, $a_5 = 3.360091425459393 \cdot 10^5$.

Знайдену залежність використаємо для прогнозування зміни здоров'я органів кровообігу в залежності від концентрацій цинку в поверхневих водах територій проживання. Таке прогнозування можливе тільки в межах досліджених концентрацій, які складають для цинку $[0,03; 0,266]$ мг/кг.

Програму EcoForecast розроблено для використання комп'ютерами під керуванням операційної системи MS Windows.

Інтерфейс програми (рис. 2) складається з одного вікна, в якому вказується концентрація цинку в поверхневих водах території проживання. Після натиснення на кнопку «Виконати» обчислюється прогноз кількості випадків захворювання із 100 тисяч населення за рік. Кнопка «Очистити» видаляє числа, після чого можна розрахувати прогноз для іншої концентрації.

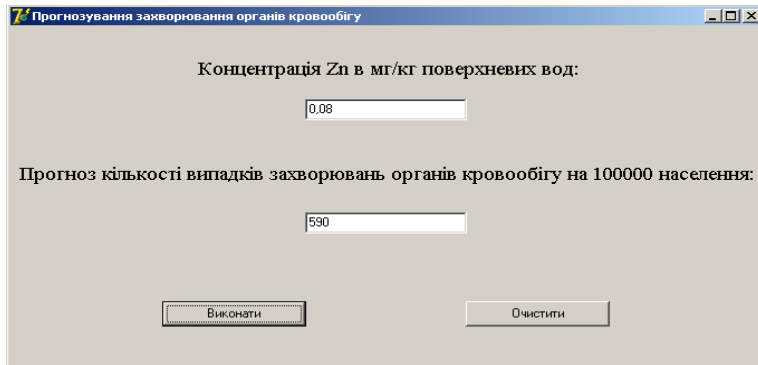


Рис. 2 – Вікно програми прогнозування

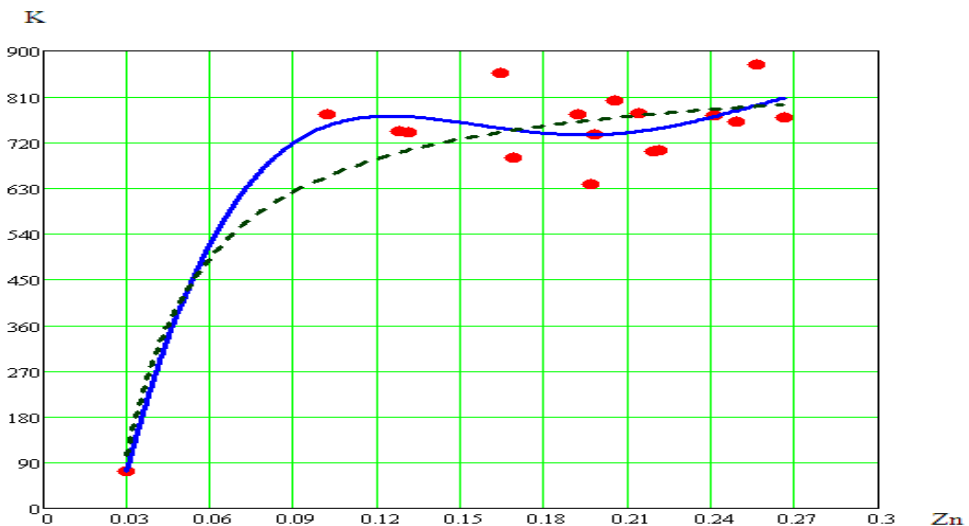


Рис. 3 – Залежність захворювань органів кровообігу від концентрації цинку в поверхневих водах: точки – значення, що моделюються; пунктир – функція y_2 ; суцільна лінія – поліном

Висновки

Дослідження концентрацій окремих хімічних елементів поверхневих вод та стану захворюваності систем кровообігу та дихання населення Тернопільської області показало наявність зв'язку між концентрацією цинку в поверхневих водах та захворюваннями органів кровообігу людей (рис. 3). Виявлену залежність змодельовано аналітичною функцією. Розроблено комп'ютерну програму, що дозволяє прогнозувати зміни здоров'я органів кровообігу в залежності від концентрацій цинку в поверхневих водах територій проживання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Екологічний аудит територій: Підручник. – Івано-Франківськ: Факел, 2000. – 342 с.
2. Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. Інформаційні системи тематичної обробки геоданих в завданнях моніторингу довкілля і природних ресурсів на регіональному рівні // Матеріали наради «Можливості супутникових технологій і сприянні вирішення проблем Харківщини» Харків, 2009, С. 65–68.
3. Триснюк В.М. Екологія Гусятинського району. Тернопіль. Тернограф. 2004. – 219 с.
4. Гуменюк Г.Б., Грубінко В.В. Сезонна міграція міді, кобальту, кадмію та свинцю в екосистемі Тернопільського ставу // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: період. наук. Київ. – К.: Ніка-Центр. – 2001. – Т. 2. – С. 745–753.

Стаття надійшла до редакції 03.07.2015