

### **ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРНОПІЛЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКОЛОГІЧНОГО АУДИТУ ТА МОНІТОРИНГУ**

*В.М. Триснюк, канд. географ. наук,  
старший науковий співробітник  
(Інститут телекомунікацій і глобального  
інформаційного простору НАН України)*

*У статті досліджено геоінформаційні системи екологічної безпеки з використанням екологічного аудиту і моніторингу. Дослідження проводились на прикладі 8 районів Тернопільської області і на даний час апробуються на інших районах. У результаті комп'ютерного аналізу складено карти сумарного коефіцієнта забруднення, що дає можливість розробляти відповідні стабілізаційні заходи.*

*В статье исследованы геоинформационные системы экологической безопасности с использованием экологического аудита и мониторинга. Исследования проводились на примере 8 районов Тернопольской области и в настоящее время апробируются на других районах. В результате компьютерного анализа составлены карты суммарного коэффициента загрязнения, что дает возможность разрабатывать соответствующие стабилизирующие меры.*

*The paper investigated the GIS environmental safety with environmental audits and monitoring. Research conducted by the example of 8 districts in Ternopil region and currently aprobuyutsya in other areas. As a result of computer analysis drawn maps of the total pollution coefficient which allows to develop appropriate stabilization measures.*

Актуальність теми. В останні десятиріччя, коли в усьому світі різко збільшився вплив людини на навколишнє середовище, стало зрозуміло, що безконтрольна експлуатація природи може призвести до дуже серйозних негативних наслідків. Широке використання сучасних інформаційних технологій має вирішальне значення для екологічної безпеки, розвитку економіки, ефективного управління та покращення якості життя людей. Для розробки інформаційної системи з геопросторовими даними найбільше застосування набули геоінформаційні технології, дистанційне зондування Землі, GPS-технології та Web-технології.

Екологічний аудит та екологічний моніторинг - новий напрямок в екологічній науці та природоохоронній галузі як визначення сучасної екологічної ситуації на

певній території або об'єкті.

Екологічний аудит проводять по відношенню до території, держави, регіону, адміністративних областей і районів, населених пунктів або народногосподарських об'єктів, промвузлів, заводів, фабрик і інших об'єктів промисловості, транспорту енергетики, хімії, гірництва зв'язку і т. д.[4]. Уперше на Тернопіллі розроблено методику екологічного моніторингу території на прикладі Гусятинського району Тернопільської області [3], яка на даний час апробується на інших районах досліджуваної території. Система моніторингу (Постанова КМ України від 30.03.1998р. №391 «Положення про державну систему моніторингу довкілля») визначена як система спостереження, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки. Система моніторингу є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури інших країн. Пріоритетами її функціонування є захист життєво важливих екологічних інтересів людини і суспільства, збереження природних екосистем, відвернення кризових змін екологічного стану довкілля і запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям. Основні завдання суб'єктів системи моніторингу полягають у реалізації таких завдань:

- довгострокові систематичні спостереження за станом довкілля;
- аналіз екологічного стану довкілля та прогнозування його змін;
- інформаційно-аналітичне підтримання прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;
- інформаційне обслуговування органів державної влади та місцевого самоврядування, а також забезпечення екологічною інформацією населення країни і міжнародних організацій. Аналіз цих завдань свідчить, що тільки перше з них забезпечує можливість реалізації всіх інших. З цього випливає актуальність розробки і впровадження сучасних методів спостережень кількісних і якісних характеристик земель, які використовують при бонітуванні ґрунтів, економічних і грошових оцінках земель. Саме до таких методів слід віднести технології ДЗЗ, головні аспекти яких полягають у:

- високій оглядовості, можливості отримання миттєвої інформації про великі території;
- можливості переходу від дискретної картини значень показників стану навколишнього середовища в окремих пунктах території до безперервної картини просторового розподілу показників;
- можливості отримання інформації у важкодоступних місцях;
- високому рівні генералізації інформації[2].

Мета дослідження. Екологічний моніторинг - це визначення сучасного екологічного стану всіх компонентів навколишнього середовища (літосфери та мінерально-сировинних ресурсів; геофізичних полів Землі і Космосу та їх впливу на довкілля і здоров'я людей; геоморфосфери (рельєфу) та небезпечних ендо- та

екзогеодинамічних процесів, руйнуючих літосферу і перетворюючих рельєф; поверхневої та підземної гідросфери і водних ресурсів; атмосфери і кліматичних ресурсів; фіто- та зоосфер і біологічних ресурсів; демосфери та стану здоров'я населення у зв'язку з екологічними чинниками; техносфери та її впливу на всі попередні компоненти природних екосистем). Кінцевою метою екологічного моніторингу є визначення відповідності сучасної екологічної ситуації екологічним стандартам, які б забезпечували оптимальний стан довкілля та безпеку життєдіяльності людини.

Екологічний моніторинг виконується на прикладі Тернопільської області і його результатом є комп'ютерна система кореляції захворюваності населення даної території в залежності від екологічних чинників, яка включає: 1) бази даних з хімічного забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря і рослинності важкими металами, радіонуклідами, нафтопродуктами; 2) комп'ютерні карти екологічного стану геологічного середовища, геофізичних полів, геоморфосфери, ландшафтів; 3) електронні карти хімічного забруднення 12 компонентами ґрунтів, гідросфери, атмосфери і фітосфери; 4) бази даних різних рівнів захворюваності населення у різних районах міста по 28 хворобах згідно з діючою міжнародною класифікацією хвороб (МКХ); 5) карти екологічного стану техносфери міста. Комп'ютерний кореляційний аналіз баз даних захворюваності кожної із груп хвороб МКХ разом з комп'ютерними (електронними) картами екологічного стану кожного з компонентів довкілля дозволив визначити пряму кореляційну залежність між різними захворюваннями і ступенем трансформації довкілля.

Результати дослідження. Для вирішення поставлених задач обрано полігон на території Чортківського, Борщівського, Бучацького, Заліщицького, Монастириського, Кременецького, Шумського, Гусятинського районів в адміністративних кордонах.

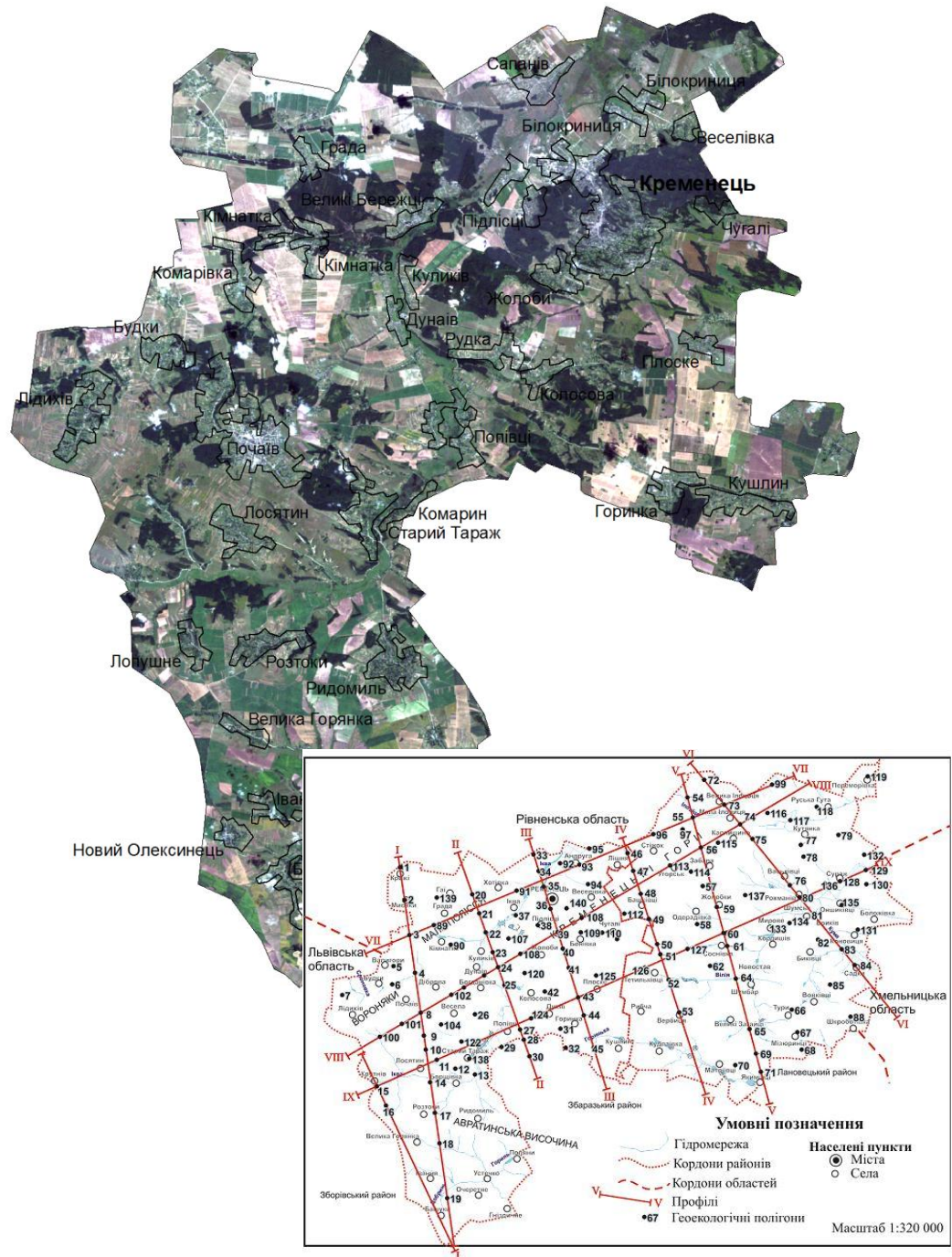
Площа Тернопільської області 13,824 тис. км<sup>2</sup> (2,3% території України). Вона є однією з найменших в Україні - за розмірами території займає 23-тє місце. Територія суші становить 98,6 % від загальної площі області. Під водою зайнято 19,4 тис. га (1,4%).

Протяжність Тернопільської області з півночі на південь становить 195 км, із заходу на схід (у середній частині) - 129 км.

За конфігурацією території Тернопільщина нагадує трикутник з основою на сході та вершиною - на заході. Усі кордони області сухопутні: на сході вона межує з Хмельницькою областю, на півночі - з Рівненською, на заході і північному заході - із Львівською, на південному заході - з Івано-Франківською і на півдні - з Чернівецькою. Східним кордоном Тернопільської області здебільшого є р. Збруч, південним і південно-західним - р. Дністер, північним - Кременецьке горбогір'я.

На площі близько 100км<sup>2</sup> була розбита мережа із 688 точок спостережень, які більш-менш рівномірно охоплюють весь полігон. Робочий масштаб польових досліджень 1 : 50 000. Географічні координати і абсолютні висоти (альтitudи)

точок спостережень визначені за допомогою ГІС MAP INFO з топографічної карти масштабу 1 : 50 000 та за даними космічних знімків Landsat – 5 (рис. 1).



*Рис. 1. Космічний знімок із супутника Landsat 5 та картосхема відбору проб Кременецького району*

Крайня північна точка області - с. Переморівка - знаходиться в Шумському районі та має координати 50°13' пн. ш. і 26°12' сх. д. Крайня південна точка - с. Білівці - розміщена в Борщівському районі, її координати 48°32' пн. ш. і 26°24' сх. д. Крайня західна точка - с. Дуляби - знаходиться в Бережанському районі з такими координатами: 49°32' пн. ш. та 24°42' сх. д. Крайня східна точка - с. Окопи - знаходиться в Борщівському районі з наступними координатами: 48°32' пн. ш. і

26°24' сх. д. Таким чином, Тернопільщина розташована між 48°3Г і 50°13' пн.ш. та 24°42' і 26°24' сх. д.

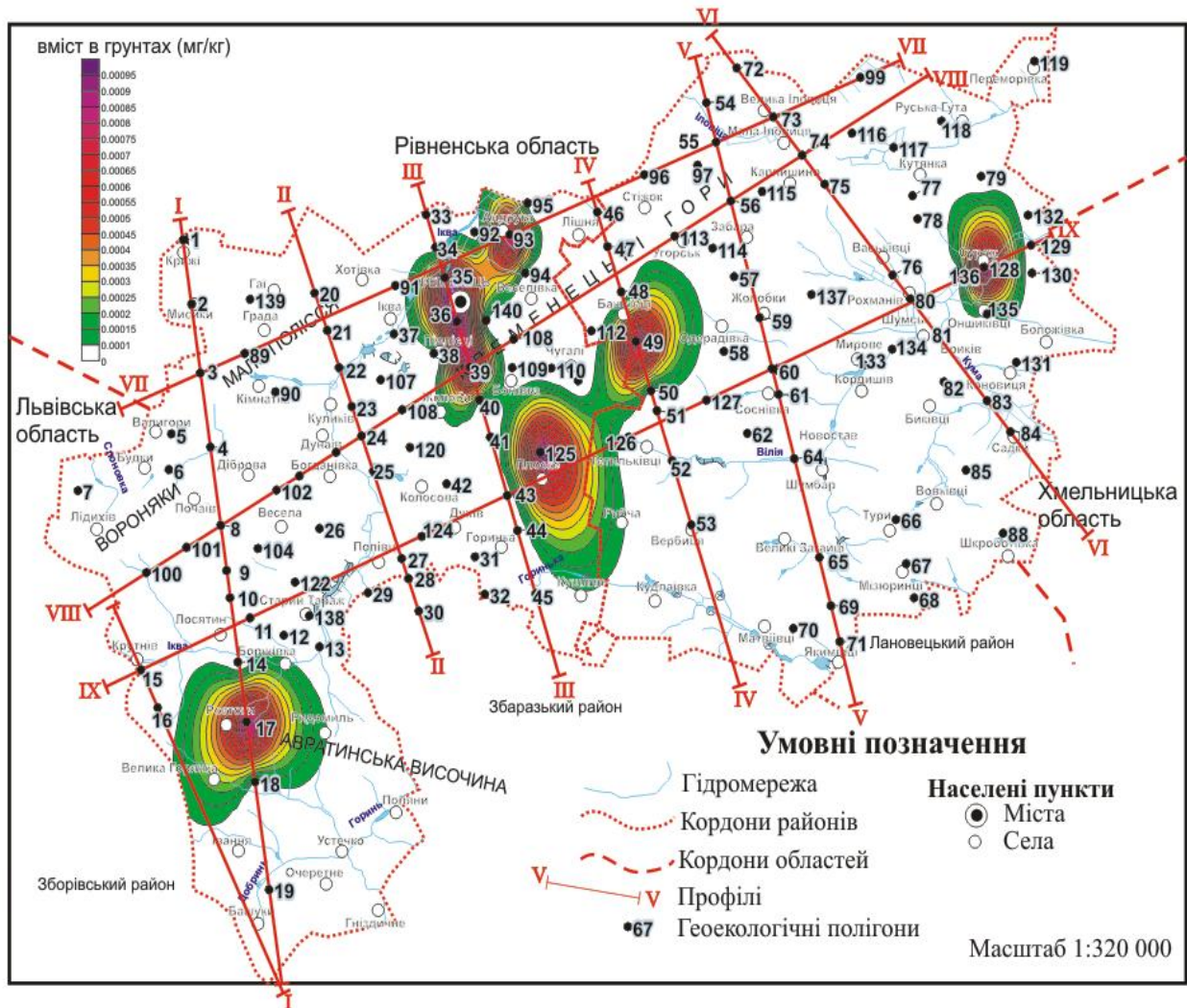
Маршрути проводились для картографування територій ландшафтів на основі візуальних спостережень, для складання карт забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, донних відкладів, атмосферного повітря та порушень геологічного середовища. Під час маршрутів, крім польового картографування окремих компонентів урбоекосистеми, відбирались проби (зразки) ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря і рослинності. Усього було відібрано 668 проб ґрунтів, 238 проб поверхневих і 376 проб ґрунтових вод, 495 проб атмосферного повітря і 307 проб рослинності.

Усі проби були проаналізовані різними методами: рентгенофлюоресцентним на приладі НАТ - аналізаторі токсичних елементів у Івано-Франківській обласній санітарно-епідеміологічній станції, на плазмокванті Івано-Франківської державної медичної академії, на атомно-адсорбційному спектрофотометрі Сумського машинобудівного об'єднання, в лабораторії Державного управління екології та природних ресурсів у Тернопільській області і на такому ж приладі фірми Zeis та на хроматографах ЛХМ-80 і ЛІХМ-8 МД в лабораторіях екології атмосфери та газової хроматографії Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Контрольні дослідження вмісту деяких хімічних елементів у рослинності виконувались методом плазмової спектроскопії на атомно-емісійному спектрометрі IGAR-9000 фірми «Термо-Дженерал-АМ» (СІЛА) в Одеському бюро мінеральних ресурсів.

Результати аналітичних досліджень відібраних проб зведені в базах даних, які можна обробляти методами комп'ютерних технологій на ПЕОМ. Бази даних, що характеризують екологічний стан кожного окремого компонента навколишнього середовища, були введені в персональний комп'ютер Intel Pentium IV за допомогою програмного забезпечення геоінформаційної системи (ГІС) MAP INFO. Користуючись програмним забезпеченням SURFER, були складені електронні карти забруднення тими чи іншими хімічними інгредієнтами кожного компонента довкілля. У результаті були виготовлені комп'ютерні (електронні) еколого-техногеохімічні карти ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря і рослинності (рис. 2).

Аналіз таких карт виконано відповідно до розробленої О.М. Адаменко КСЕБ - комп'ютерної інформаційно-аналітичної та прогнозно-керуючої системи екологічного моніторингу, екологічної безпеки, моделювання, прогнозу та попередження екологічних криз та надзвичайних ситуацій. Ця система дозволяє моделювати на комп'ютері екологічний стан усіх десятиох компонентів природно-антропогенних геоекосистем, прогнозувати їхні зміни природним шляхом та під впливом техногенного навантаження. Залежно від запланованого сценарію розвитку взаємодії між природою, господарством і суспільством задаються необхідні екологічні обмеження господарської діяльності на території, в галузі або на підприємстві. Система є новою інформаційною технологією, що дозволяє





*Рис. 2 – Картосхема розповсюдження ДДТ у ґрунтах*

здійснювати керований контроль та автоматизоване управління екологічною безпекою території держави, регіону, галузі, області, району, міста, підприємства. КСЕБ включає 8 ієрархічних рівнів (біосфера Землі, континент, регіон, держава, область, район, населений пункт, підприємство), для кожного з яких створюються бази даних екологічної інформації з усіх 10 компонентів геоекосистеми (літосфера, геофізичні поля, рельєф, гідро-, атмо-, педо-, фіто-, зоо-, демо- і техносфери). Сучасний екологічний стан будь-якої території або геоекосистеми того чи іншого ієрархічного рівня визначається згідно з алгоритмом як функція екологічних станів усіх цих компонентів (8 ієрархічних рівнів з 10 компонентів екосистеми на кількість змінних параметрів кожного компонента, а їх може бути до 100). Таким чином, запропонований нами алгоритм включає кілька тисяч змінних екологічних параметрів. Вони мають різну динаміку: геологічне середовище змінюється досить повільно, тоді як атмосфера - багато разів на добу. Тільки маючи певні дані за усіма показниками КСЕБ, можна бути впевненим, що екологічна ситуація тримається під контролем.

Техносфера Тернопільської області впливає як на урбоекосистему, так і на

здоров'я населення. 70 діючих підприємств створюють антропогенне (техногенне) навантаження на ґрунти, водні ресурси, атмосферне повітря та інші компоненти урбоекосистеми.

Потреба у підвищенні ефективності заходів протидії негативному впливу антропогенних та інших чинників довкілля вимагає об'єднання різноманітних діючих програм з цього питання у єдину систему управління з приєднанням, згідно з рекомендаціями ВООЗ, до програми "Здорові міста" і управлінням за рахунок місцевих владних структур. Необхідно створити у м.Тернополі систему моніторингу показників здоров'я населення.

Для визначення сучасної екологічної ситуації на території досліджуваних районів складена електронна карта у масштабі 1:50 000 з використанням ГІС-технологій. Характерною рисою більшості сучасних міст і сіл, у тому числі й Тернопільщини, є перетворення первинних природних ландшафтів у нові природно-техногенні геоекосистеми та досить істотна зміна екологічного стану основних компонентів урбоекосистеми. На екологічній карті відображені просторові особливості змін геологічного середовища, геофізичних полів, рельєфу, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря, ґрунтового і рослинного покривів, стану здоров'я населення та об'єктів техносфери, яка істотно впливає на всі попередні складові природного середовища. Карта дозволила оцінити наскільки змінені первинні ландшафти, як далеко зайшов процес урбанізації, які кількісні і якісні зміни відбулись у всіх компонентах довкілля і як ці трансформації вплинули на людину. Екологічна карта території розроблялась у три етапи: 1) польові експедиційні дослідження території з відбором проб ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря та рослинності, а також вимірюванням геофізичних полів (рис. 1); 2) аналітичні (лабораторні) дослідження вмісту забруднюючих речовин у компонентах довкілля (табл 1.); 3) комп'ютерна обробка результатів аналізів, складання баз даних, побудова електронних еколого-техногеохімічних карт, їх синтез і отримання карт сумарного забруднення та картографічні роботи в ГІС MAP INFO з побудовою екологічної карти кожного району в масштабі 1:50 000. Контури різного ступеня трансформованості територіального середовища під впливом техногенного навантаження виділені на ландшафтній основі шляхом інтеграції показників екологічного стану кожного компонента урбоекосистеми за рівнем його забруднення або порушеності.

Якісно вони змінюються від сприятливого через задовільний, напружений до складного стану. Змін вищого ступеня (незадовільного, передкризового, критичного і катастрофічного), які є, наприклад у містах Придніпровсько-Донецького регіону, у районах Тернопільської області, поки що не виявлено. Контури екологічних зон показані на карті різним кольором. По суті екологічна карта є сумою екологічних станів окремих компонентів. Така сумація виконувалась за допомогою комп'ютерних програм як щодо спільних контурів забруднення, так і щодо сумарного коефіцієнта забруднення. Під час районування регіону на зони екологічного стану перевага віддавалась показникам з найвищими рівнями

**Екологічна безпека та природокористування**

забруднення. Просторово вони співпали з медико-екологічними зонами області, що свідчить про прямий зв'язок території різного рівня захворюваності з відповідними рівнями забрудненості і трансформованості урбоекосистеми.

**Таблиця 1**

**База даних із вмісту хімічних елементів та речовин у ґрунтах Кременецького та Шумського районів**

№ ч/ч № проб	Нормативний вміст		Вміст хімічних елементів, мг/кг, Сі									СПЗ = $\sum_{n=1}^n \text{Сі} \cdot \text{Сф}$	СПЗ = $\sum_{n=1}^n \text{Сі} \cdot \text{ГДК}$
			I клас небезпеки			II клас небезпеки		III клас небезпеки		ДДТ	Cs137 ku/km2		
	As	Cd	Pb	Cu	Zn	V	Нафто- продукти						
	Кларк	0,017	0,0013	0,16	0,47	0,83	0,19						
	ГДК	20	1	30	55	100	150	3	0,001	0,01			
	Фон	0,03	0,15	2	3	10	5	0,012					
Координати													
Х	У												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Профіль I -I													
1	25,47	50,15	0,12	0,6	7,3	6,5	62,3	14,2	0	0		22,886	1,581
2	25,47	50,12	0,14	0,7	6,2	6,4	55,8	16,8	0	0		23,506	1,890
3	25,48	50,09	0,13	0,8	7,5	6,5	72,2	18,4	0	0		26,483	0,442
4	25,49	50,05	0,03	0,21	1,31	1,8	15,6	5,4	2,1	0		181,295	1,546
5	25,46	50,05	0,15	0,6	6,1	6,4	62,7	18,2	0	0		24,093	0,493
6	25,45	50,04	0,07	0,26	2,5	1,8	11,2	6,4	0	0		8,35	0,454
7	25,37	50,03	0,08	0,23	2,3	2,4	10,4	8,2	0	0		8,83	0,569
8	25,50	50,01	0,08	0,16	3	3	25,5	5,5	3,6	0		309,883	0,532

У результаті було встановлено, що екологічний стан урбоекосистеми



Тернопілля залежить від трансформованості всіх її компонентів.

Бальна оцінка екологічного стану компонентів регіонального середовища хоча і є досить умовною, але все ж таки відображає відносні якості трансформованості кожного показника [5]. Спираючись на них, ми виконали прогноз можливих змін компонентів урбоєкосистеми в залежності від різних сценаріїв соціально - економічного розвитку міста. Ми прийняли варіант розвитку, коли техногенне навантаження буде підсилюватись, тобто буде зберігатись та тенденція, яка зараз складалась у розвитку обласної інфраструктури. Це дає можливість обласній владі розробити відповідні стабілізаційні заходи.

Висновки. Результатом виконання проекту є інформаційно-аналітична і прогнозно-керуюча комп'ютерна система кореляційної залежності рівнів захворюваності населення від екологічних чинників, яка дозволяє прогнозувати розвиток захворюваності в залежності від різних сценаріїв соціально-економічного розвитку регіону (тобто від різного ступеня техногенного навантаження на урбоєкосистеми, в тому числі і на кожний компонент доквілля, а головне - на стан здоров'я населення). Користуючись розробленими кореляційними залежностями, можна задавати необхідний для безпеки життєдіяльності режим роботи підприємств-забруднювачів, так щоб вони не завдавали шкоди доквіллю і людині. Таку систему можна використовувати не тільки для покращення ситуації в Тернопільській області, а й у будь-якому іншому місті в Україні або за її межами. Ми пропонуємо розроблений нами продукт обласним і районним адміністраціям, меріям або екологічним службам інших міських територій. А це означає, що запропонована КСЕБ життєздатна не тільки в даний час, а й у майбутньому, тому що її втілення не обмежується тільки одним регіоном, на прикладі якого вона розроблена. Комп'ютерна система кореляційної залежності захворюваності населення від того чи іншого екологічного чинника буде основою екологічної безпеки життєдіяльності населення будь-якого іншого міста чи іншої адміністративно-територіальної одиниці (адміністративних району чи області в Україні, повіту, воєводства, землі чи штату в інших країнах). КСЕБ можна тиражувати, змінюючи тільки наповнення баз і банку даних медичної та екологічної інформації і зміст електронних еколого-техногеохімічних карт. Сам принцип побудови карт, структури баз і банків даних буде ефективним на будь-яких об'єктах. І тому розроблену нами КСЕБ можна довгі роки розповсюджувати на будь-яких територіально-адміністративних одиницях або промислових об'єктах.

Розроблена нами методика екологічного моніторингу конкретного району на базі КСЕБ комп'ютерної інформаційно-аналітичної та прогнозно-керуючої системи екологічного моніторингу, екологічної безпеки, прогнозу та попередження надзвичайних ситуацій не претендує на універсальність, а є лише черговим прикладом нашого підходу до комплексних досліджень екологічного стану території. У сфері регіонального моніторингу при визначенні екологічної безпеки методи дистанційного зондування Землі можуть успішно доповнювати наші методики, а в деяких випадках навіть перевершувати їх за інформативністю.

\* \* \*

1. Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Екологічний аудит територій: Підручник. - Івано-Франківськ: Вид-во Факел, 2000. - 342 с.
2. Греков Л.Д., Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом. –К.: Наукова думка. 2007. - 219 с.
3. Триснюк В.М. Екологія Гусятинського району. Тернопіль: Вид-во Тернограф, 2004. -219 с.
4. Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Навроцький В.М. Екологічний аудит. - К.: Вища школа, 2000. - 244 с.
5. Міщенко Л.В. Геоекоекологічний аудит впливу техногенного забруднення на довкілля (на прикладі регіону Покуття). Автореф. дис. ... канд. географ, наук. - Чернівці, 2003. - 21 с.

**Отримано: 2.10.2011 р.**