

УДК 504. 54: 620.9

**В. Триснюк, канд. геогр. наук**

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору*

## **КОМП'ЮТЕРНО-КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБ'ЄКТА НА ЛАНДШАФТИ**

**Резюме.** Досліджено комп'ютерно-картографічне моделювання антропогенного впливу енергетичного об'єкта на ландшафти. Після визначення екологічного стану тієї чи іншої території необхідно розробити прогноз її подальшого розвитку з метою запобігання негативних наслідків його впливу на людей. Для цього необхідно вивчити динаміку природних змін усіх компонентів і впливу на них антропогенних факторів.

**Ключові слова:** ландшафти, поелементні карти, геоекологічний полігон, екосистема, фоновий вміст.

**V. Trysnyuk**

## **COMPUTERS AND CARTOGRAPHIC MODELING ANTROPOGENEOUS IMPACT OF ENERGY FACILITIES ON THE LANDSCAPE**

**The summary.** After the determination of the ecological condition of that or other territory it is necessary to develop the prognosis of its subsequent development, to prevent the negative consequences of its influence on people. For this purpose it is necessary to learn the dynamics of natural changes of all components and influencing on them of the antropogenous factctors.

**Key words:** landscapes of element maps geoeological ground, ecosystem, background content.

**Постановка проблеми.** Оцінювання сучасного екологічного стану довкілля виконується за екологічними показниками стану і структури окремих компонентів довкілля, можливості їх до самовідновлення, характеристики природного й антропогенного впливу енергетичних об'єктів на природні геосистеми (ландшафти). Процес оцінювання сучасного екологічного стану завершується складанням комплексу комп'ютерних (електронних) карт. Екологічні стани кожного ландшафтного компонента у вигляді геоекологічних смуг виносяться на карту сучасної екологічної ситуації регіону, основою якої є ландшафтна карта.

**Аналіз останніх досліджень.** Проблеми екологічного оцінювання, на якій ґрунтуються екологічний аудит, екологічний моніторинг та екологічна безпека, розглянуто в багатьох опублікованих роботах. Сам термін «екологічне оцінювання» з'явився перед проведенням в 1972 р. Стокгольмської конференції ООН із навколишнього середовища. Для України і Карпатського регіону велике значення щодо висвітлення проблем екологічного оцінювання мають праці І.М. Волошина [1], О.М. Адаменка [2, 3], В.М. Гуцуляка [4], Л.Л. Малишева [5], В.М. Триснюка [6] та багатьох інших дослідників.

**Метою роботи** є дослідження впливу енергетичного об'єкта на ландшафти та з допомогою комп'ютерно-картографічного моделювання побудувати поелементні еколого-техногеохімічні карти.

**Виклад основного матеріалу.** У кожному компоненті ландшафту (грунтах, воді, повітрі тощо) можна знайти велику кількість різних хімічних елементів, які до певних концентрацій не є шкідливими для людини, а навіть корисними, необхідними. Середній вміст елементів у земній корі (літосфері) називають кларком. Такі самі кларки

розраховані для ґрунтів, вод тощо. Але в кожному регіоні, залежно від геологічної будови, типу ґрунтів, географічної зональності та інших чинників, будуть свої, характерні тільки для цього регіону середні вмісти того чи іншого елемента. Такий середній вміст називають регіональним фоном. Він може бути більшим за кларк, а може бути й меншим.

Отже, тільки ті вмісти елементів, які перевищують кларк, а потім і фон, можуть бути аномальними, а отже, і шкідливими для нормального розвитку екосистем. Якщо ж уміст того чи іншого елемента в досліджуваному районі перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК), то цей елемент стає токсичним, тобто шкідливим для організму людини.

Аномальний вміст  $C_a$  визначається за формулою

$$C_a = C_i - C_{\phi} - C_k,$$

де  $C_i$  – вміст елемента в досліджуваному компоненті ландшафту;

$C_{\phi}$  – його природний фон;

$C_k$  – кларк елемента.

Кларки елементів нам відомі, а фон треба розрахувати, виходячи з конкретного фактичного матеріалу.

**Розрахунки фонового вмісту елементів для Чортківського району, де розташовані промислові підприємства – Чортківський цукровий завод, Марилівський спиртзавод та інші.** При екологічних дослідженнях району визначається оптимальна мережа екологічних полігонів (рис. 1), на яких відбираються проби ґрунтів, поверхневих, ґрунтових і підземних вод, донних відкладів, атмосферного повітря, опадів дощу і снігу, зразки рослинності та тваринницької продукції і т.д. (табл. 1). Після відповідних аналізів для кожної точки маємо конкретні дані з умісту хімічних елементів. Мережа екологічних полігонів для моніторингу довкілля або екологічного аудиту повинна визначатися таким чином, щоб були охоплені всі ландшафти кількома точками відбору проб залежно від масштабу карти. Оптимальною вважається мережа, де відстань між полігонами складає в середньому 1 см на карті.

Розрахунки фонового вмісту того чи іншого елемента в тому чи іншому середовищі (табл. 1) виконуються шляхом групування вмісту елементів за характерними їх інтервалами. По кожному інтервалу враховується середній вміст  $\bar{X}$  у своїй групі. Фоновий вміст  $C_{\phi}$  – це такий, що характеризує не менше 66,6% проб із мінімальним умістом. Фон розраховується як сума середніх умістів елемента не менш як у 66,6% проб, поділена на кількість цих проб (табл. 2).

**Побудова поелементних еколого-техногеохімічних карт.** На еколого-техногеохімічну карту розповсюдження того чи іншого елемента в конкретному середовищі виносяться ізолінії його рівних концентрацій (ізоконцентрати – ік), які повинні відповідати середньому вмісту  $x$  елемента в кожному характерному інтервалі. Тобто ізолінії концентрацій елементів на картах проводяться не довільно, як іноді можна бачити на геохімічних картах, а тільки через характерні інтервали. Тільки тоді ізолінії будуть передавати характер розповсюдження елемента в середовищі довкілля. Це обґрунтовується характером розподілу вмістів того чи іншого елемента в своїх інтервалах. Графіки розподілу необхідно будувати для кожного елемента і для кожного компонента ландшафту, щоб з'ясувати всі особливості розподілу елементів у середовищах їх нагромадження.

Поелементні еколого-техногеохімічні карти вмісту того чи іншого елемента в компонентах ландшафтів будуються або "вручну", шляхом інтерполяції даних від одного екологічного полігону до сусіднього, або в автоматичному режимі на ПЕОМ, користуючись програмами SURFER, MAP INFO, TNT mips та іншими (рис. 2).

Таблиця 1. База даних з умісту хімічних елементів у ґрунтах Подільського Придністров'я за даними атомно-адсорбційних аналізів Івано-Франківської обласної санітарно-епідеміологічної станції та Бюро мінеральних ресурсів Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова (2009)

№№ проб	№№ ч/ч	Вміст елементів, мг/кг											
		І клас небезпеки				ІІ клас небезпеки				ІІІ клас небезпеки			
		Hg	As	Cd	Pb	Ni	Cu	Zn	Cr	V	Sr	Fe	Cs137
		кларк →			1,3·10 <sup>-3</sup>	5,8·10 <sup>-3</sup>	4,7·10 <sup>-3</sup>	8,3·10 <sup>-3</sup>	3,3·10 <sup>-3</sup>	9·10 <sup>-3</sup>	3,4·10 <sup>-3</sup>		
	ГДК →	2,1	20	0,5	32	4	3 рухо- мі форми	23	6	150	0,08	2,0	
	фон →	0,0005	0,01	0,0012	0,4	0,001	0,016	0,018	0,0002	7,8	0,24	6,0	
	аномалія →	0,0015	0,03	0,0036	1,2	0,003	0,048	0,054	0,0006	23,4			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Профіль І – І													
1	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	
2	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	
3	408	0	0	0	36,4	0	0	0	0	0	0	0,5	
4	291	0	0	0	50,4	0	0	0	0	0	0	0,6	
5	292	0,02	0,06	0	69,5	0	0,051	0,006	0	0,6	0,19	2,1	

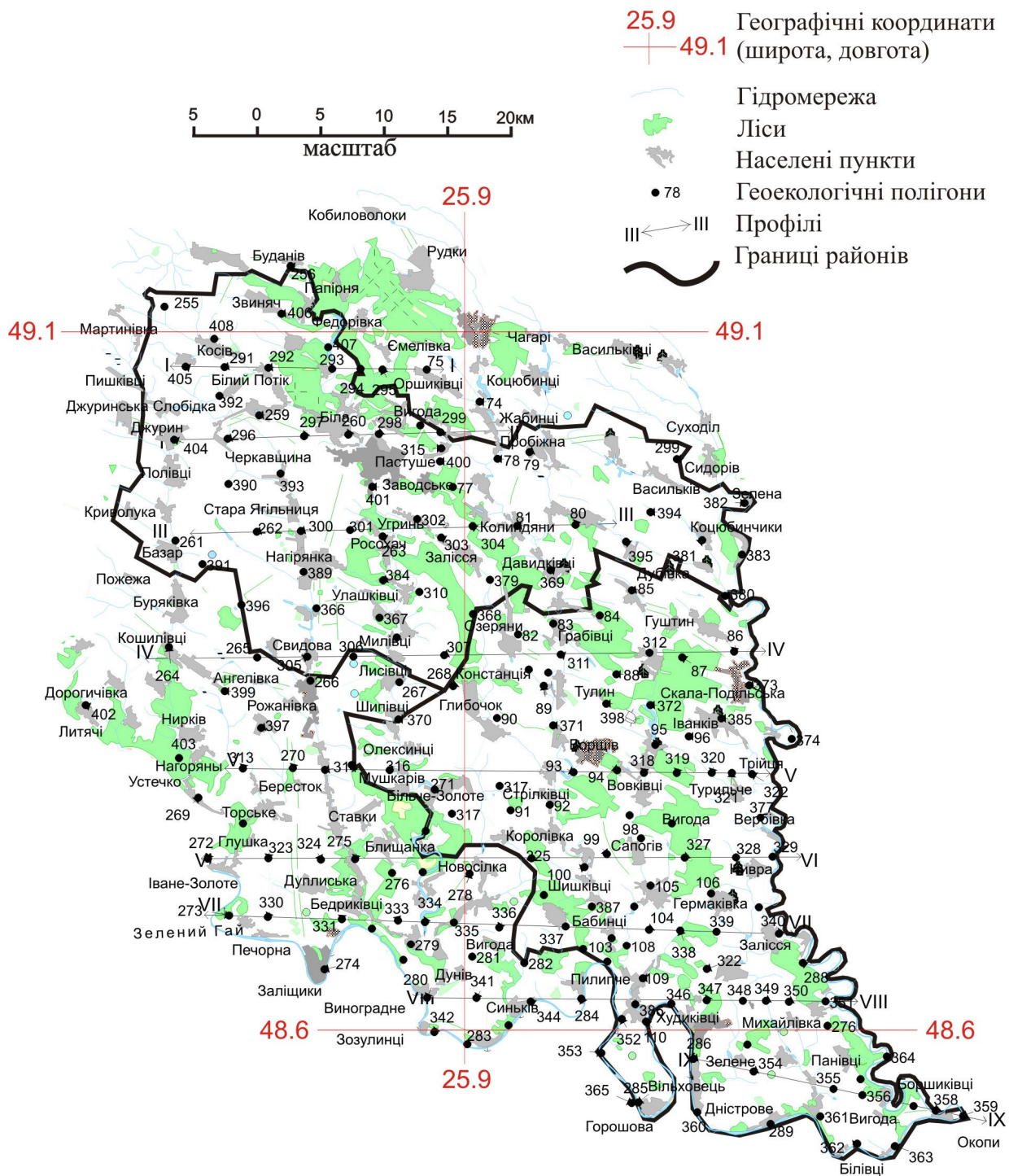


Рисунок 1. Карта фактичного матеріалу – розміщення геоекологічних полігонів, де відбиралися проби на різні види аналізів

Таблиця 2. Порівняння середніх умістів хімічних елементів і речовин у різновидах ґрунтів з фоновими вмістами у ґрунтах досліджуваного району

№ з/п	Назва ґрунту	Кількість точок з середнім вмістом	Кількість точок з фоновим вмістом *2/3	Елементи і речовини						
				As	Cd	Pb	Cu	Zn	V	Нафтопродукти
				Фонові вмісти в ґрунтах, мг/кг						
				0,0047	0,014	0,44	0,063	13,4	0,94	0,012
				Середні вмісти в різновидах ґрунтів						
1	Сірі-опідзолені	17	11	0,493	0,0717	0,5636	0,15273	6,7727	0,636	0,618181818
2	Темно-сірі опідзолені	37	25	0,0218	0,0676	1,62	0,2344	17,56	4,196	0,048
3	Чорно-земи	19	13	0,15269	0,0506	0,2615	0,22385	7,0308	0,923	0,469230769
4	Темно-сірі і сірі опідзолені оголені	28	19	0,00468	0,0004	0,2615	0,07158	12,095	2	0,273684211
5	Чорно-земи опідзолені оголені	12	8	0,10638	0,0138	2,275	0,37125	12,025	4,775	0,0625

Розрахунки коефіцієнтів концентрації елементів та сумарних показників забруднення компонентів ландшафту.

Коефіцієнт концентрації ( $K_c$ ) або аномальності хімічних елементів – це показник ступеня накопичення того чи іншого елемента на його фоновому вмісті.  $K_c$  визначається відношенням реального вмісту в даній точці кожного компонента до його фонового вмісту

$$K_{ci} = \frac{C_i}{C_{\phi}},$$

де  $C_i$  – вміст  $i$ -го елемента в досліджуваному ландшафтному компоненті, мг/кг;

$C_{\phi}$  – його природний фон, мг/кг;

$K_{ci}$  – коефіцієнт концентрації (аномальності) елемента.

Користуючись таблицею 1, розраховуються коефіцієнти концентрації елементів у ґрунтах для усіх екологічних полігонів.

Сумарний показник забруднення ( $Z_c$  або СПЗ) компонента екосистеми (в нашому прикладі ґрунтів) розраховується за формулою [5]

$$Z_{ci} = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n-1),$$

де  $n$  – загальна кількість врахованих хімічних елементів (підсумовуються значення  $K_c$ ).

Сумарні показники забруднення того чи іншого компонента ландшафту характеризують його стійкість відносно до антропогенного навантаження.

Якщо останнє не перевищує здатність ландшафту до самоочищення, то виникають екологічні ситуації різної складності, які ми й будемо оцінювати кількісно нижче.

**Побудова карт сумарного показника забруднення компонентів навколишнього середовища та ландшафту в цілому.** Користуючись базою даних з коефіцієнтів концентрації ( $K_c$ ) елементів і сумарних показників забруднення ( $Z_c$ ), можна побудувати карти розподілу цих параметрів на території досліджуваного району. При цьому, як і раніше, такі карти можна будувати як шляхом інтерполяції від точки до точки, тобто "вручну", так і в автоматизованому режимі з допомогою ПЕОМ, користуючись програми SURFER, COREL DRAW та ін.

Аналіз таких карт показує, як розповсюджені по території досліджуваного району аномальні вмісти хімічних елементів у компонентах ландшафту. Це наближає нас до оцінки екологічного стану того чи іншого компонента ландшафту.

Сумарний показник забруднення ландшафту ( $Z_{cl}$ ) хімічними елементами розраховується за формулою

$$Z_{cl} = \sum_{j=1}^m Z_{cj},$$

де  $l$  – ландшафт в цілому, з усіма його компонентами, з яких є аналітичні дані;

$j$  – компонент ландшафту;

$m$  – кількість врахованих ландшафтних компонентів (від 1 до 9, в нашому прикладі їх 3: ґрунт, повітря, рослинність).

Розповсюдження сумарних показників забруднення ландшафту в цілому ( $Z_{cl}$ ) по території досліджуваного регіону відображається на карті, яка також може будуватися як "вручну", так і в автоматизованому режимі.

**Побудова екологічних карт при екологічному аудиті територій.** Екологічна карта повинна відображати екологічний стан усіх компонентів довкілля (геологічного середовища, геофізичних полів, рельєфу, гідросфери, атмосферного повітря, ґрунтового покриву, рослинності, тваринного світу, техногенного навантаження) та екологічного стану ландшафтів у цілому [7]. Тобто для побудови екологічної карти необхідно інтегрувати всі названі вище параметри на ландшафтній основі.



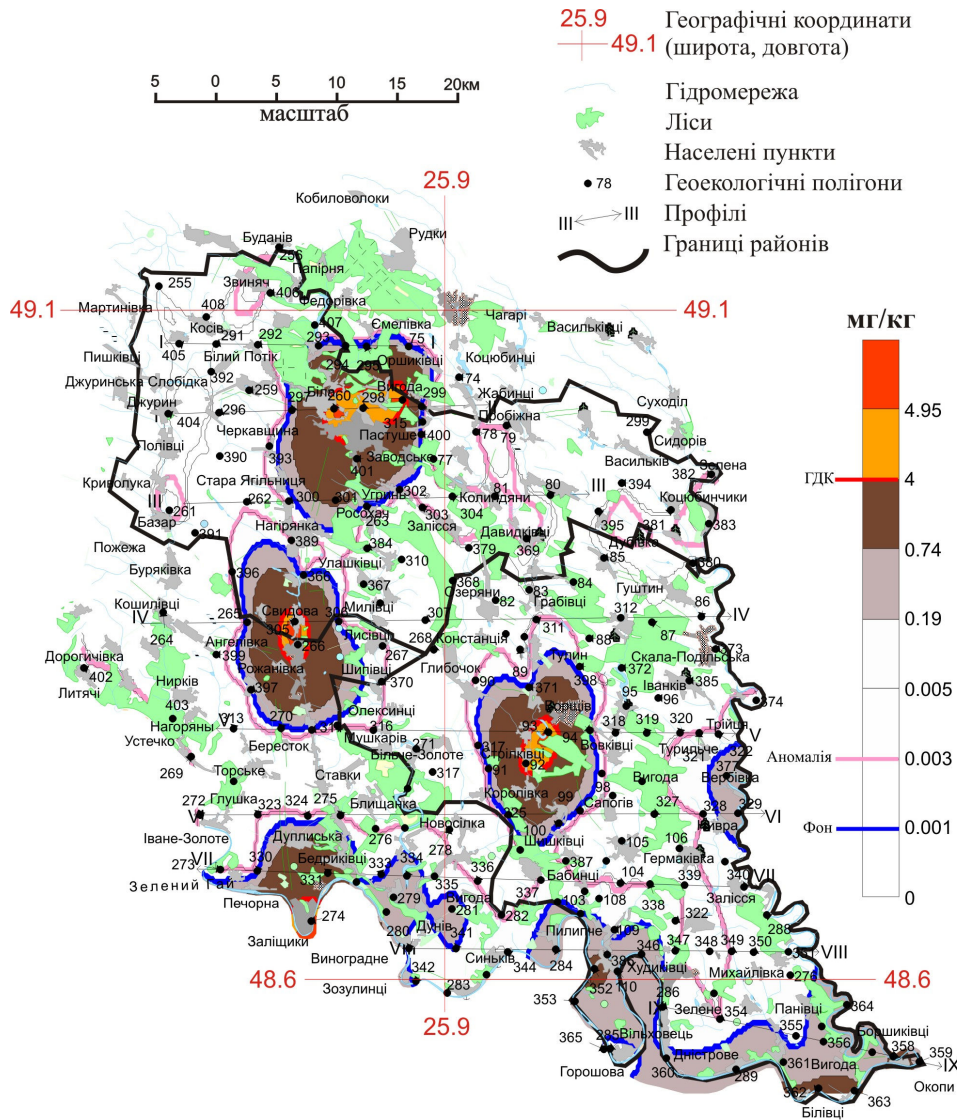


Рисунок 2. Еколого-техногеохімічна карта вмісту нікелю (Ni) в ґрунтах Чортківського району

Оцінювання екологічного стану кожного компонента довкілля виконується окремо, а потім усе це інтегрується на одній карті. Аналіз отриманих результатів показав, що перевищення фонових концентрацій забруднюючих речовин виявлені в 32%.

Хімічне забруднення ґрунтів, вод, повітря і рослинності оцінюється через геохімічні коефіцієнти і показники, в результаті чого будується карта інтегральних показників екологічної небезпечності ландшафтів, з якої на екологічну карту виносяться контури ландшафтних одиниць з різним екологічним станом – геоекологічні смуги, зони і т.д. [6]. Ці контури можна отримати й іншим методом – шляхом накладання з допомогою комп'ютерних програм поелементних і покомпонентних електронних еколого-техногеохімічних карт одна на одну та отримання таким шляхом інтегральної карти сумарного забруднення ландшафтів. Є ще один шлях побудови карти екологічного стану ландшафтів – шляхом накладання електронних карт сумарних показників забруднення ландшафтних компонентів. Після побудови контурів ландшафтних одиниць із різним екологічним станом вони (контури) виносяться на екологічну карту. Остання дає можливість установити кореляційні залежності захворюваності населення від екологічних чинників.

**Прогноз розвитку екологічного стану та екологічної ситуації.** Після визначення екологічного стану тієї чи іншої території необхідно розробити прогноз її подальшого розвитку, щоб запобігти негативним наслідкам її впливу на людей. Для цього необхідно вивчити динаміку природних змін усіх вищезазначених компонентів і вплив на них антропогенних чинників. Ми розробили структури баз даних екологічної інформації по кожному з десяти компонентів екосистем (включаючи й техносферу), які потім об'єднані в комп'ютерний банк екологічної інформації. В кожній базі – від 20 до 100 екологічних показників, що мають різну динаміку: геологічне середовище змінюється досить повільно, тоді як атмосфера – багато разів на добу. Загальна кількість екологічних показників – кілька тисяч. Тільки маючи певні дані по всіх показниках, можна бути впевненим, що екологічна ситуація тримається під контролем.

Прогноз змін екологічної ситуації залежно від різних сценаріїв розвитку виконується шляхом комп'ютерного моделювання екологічних станів тієї чи іншої території залежно від існуючого чи заданих режимів функціонування. Користуючись комп'ютерними екологічними картами, можна моделювати різні екологічні ситуації. Комп'ютерне картографічне моделювання виконується з використанням математичного забезпечення MAP INFO, ARC CAD, ПАРК та ін. Різні прогнозні моделі порівнюються з нормативним станом довкілля, визначаються розміри відхилень та їх негативні наслідки.

**Висновки.** Використання матеріалів комп'ютерно-картографічного моделювання при вивченні геоекологічного стану території дозволяє визначити техногенні й природні ландшафти в часових зрізах. Створені картографічні моделі дають можливість досліджувати геологічне середовище, визначати початок значних змін і виявляти місця розвитку небезпечних екзогенних процесів. Ця система дозволяє здійснювати керований контроль екологічно безпечною діяльністю будь-якого промислового підприємства й адміністративної одиниці в цілому з метою збереження довкілля та захисту населення від захворювань екологічного походження.

Наше завдання на найближчу перспективу створити такі географічні інформаційні системи (ГІС) екологічної безпеки, які б сприяли гармонійному сталому розвитку природи, економіки та людини.

### Список використаної літератури

1. Волошин, І.М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу [Текст] / І.М. Волошин. – Львів: Простір, 1998. – 356 с.
2. Адаменко, О.М. Інформаційно-керуючі системи екологічного моніторингу на прикладі Карпатського регіону [Текст] / О.М. Адаменко. – УГЖ, 1993. – № 3. – С. 8–14.
3. Адаменко, О.М. Екологічний аудит територій: підручник [Текст] / О.М. Адаменко, Л.В. Міщенко. – Івано-Франківськ: ФАКЕЛ, 2000. – 241 с.
4. Гуцуляк, В.М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект: навч. посібник [Текст] / В.М. Гуцуляк. – Чернівці: Рута, 2002. – 272 с.
5. Малишева, Л.Л. Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану території [Текст] / Л.Л. Малишева. – К.: Київський університет, 1998. – 264 с.
6. Триснюк, В. М. Екологія Гусятинського району [Текст] / В. М. Триснюк. – Тернопіль. Тернограф. 2004. – 219с.
7. Рудько, Г.І. Геоінформаційні технології в надрокористуванні [Текст] / Г.І. Рудько, М.В. Назаренка. – К.: Академпрес, 2011. – 336 с.

Отримано 30.01.2012