

лізацію заходів, використовуються індикатори оцінки виконання заходів Програми.

Підприємства, задіяні у виконанні заходів Програми, подають звіти про виконання цих заходів до органів виконавчої влади, місцевого самоврядування та управлінь, які узагальнюють інформацію та подають узагальнені звіти в Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області.

Держуправління узагальнює інформацію і формує щорічний зведений звіт про виконання заходів Програми та подає його в облдержадміністрацію.

Поступила в редакцію 1 липня 2011 р.

УДК 504.61

*Адаменко О.М., Адаменко Я.О.,  
Міщенко Л.В., Зорін Д.О., Зоріна Н.О.  
Івано-Франківській національний  
технічний університет нафти і газу*

## МЕТОДИКА СКЛАДАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ КАРТ

Екологічна карта – це картографічна модель екологічних станів ландшафтних таксонів, які у сукупності відображають сучасну екологічну ситуацію на території. Екологічна карта – це множина дискретних значень стану геосистеми, які поступово змінюються від точки до точки, охоплюючи всю досліджувану територію. Границі на екологічних картах проводяться по ізоконцентрах кларкових, фонових, аномальних та ГДК значень вмісту забруднювальних речовин.

**Ключові слова:** екологічна карта, екологічний стан, екологічна ситуація, геохімічний фон, аномалії.

Экологическая карта – это картографическая модель экологических состояний ландшафтных таксонов, которые в совокупности отражают современную экологическую ситуацию на территории. Экологическая карта – это множество дискретных значений состояния геосистемы, которые постепенно изменяются от точки к точке, охватывая всю исследуемую территорию. Границы на экологических картах проводятся по изоконцентрам кларковых, фоновых, аномальных и ПДК значений содержания загрязняющих веществ.

**Ключевые слова:** экологическая карта, экологическое состояние, экологическая ситуация, геохимический фон, аномалии.

The ecological map – is the cartographical model of the ecological condition of landscapes, which shows us the modern ecological situation of the territory. Ecological map – contains a lot of discreet, shows the condition of geosystems, which changes from point to point, taking into account the whole exploring territory. The borders on the ecological maps determines with the help of clarks' izo-concentrates that shows the condition of pollutants on the territory.

**Keyword:** ecological map, ecological condition, ecological situation, anomaly.

**Актуальність теми та аналіз попередніх матеріалів.** Аналіз методів геоекологічного картування [1] показує, що за останні два-три десяти років з'явилась велика кількість екологічних карт – загальних, галузевих, поелементних, покомпонентних і т.д., приклади яких можемо знайти у працях В.А. Барановського [3], Л.Г.Руденка [5], В.М. Гуцуляка [6], І.М. Волошина [4], О.М.Адаменка [2], Г.І.Рудька [1], І.П.Ковальчука [8], Л.В. Міщенко [9] і багатьох інших авторів. Найбільш повним зібранням таких карт є «Національний атлас України» [10] і «Екологічний атлас України» (2009). Із аналізу цих матеріалів бачимо, що велике різноманіття екологічних карт можна звести до кількох їх типів: поелементні, покомпонентні (галузеві), техногенного навантаження, розповсюдження екологічно небезпечних техногенних об'єктів, сучасної екологічної ситуації.

© Адаменко О.М., Адаменко Я.О., Міщенко Л.В., Зорін Д.О., Зоріна Н.О., 2012

**Формулювання цілей та виділення невирішених питань.** Поелементні еколого-техногеохімічні карти показують розповсюдження того чи іншого токсичного елементу-забруднювача на певній території в межах того чи іншого компонента ландшафту (рис. 1).

Покомпонентні еколого-техногеохімічні карти ілюструють екологічний стан (забруднення усіма виявленими токсичними елементами) того чи іншого компонента ландшафту – ґрунтового чи рослинного покривів, ґрунтових чи поверхневих вод, атмосферного повітря та ін. (рис. 1).

База даних з результатами аналізів на вміст основних забруднювачів

№№ проб	№№ п/п	Вміст елементів Сі, мг/кг, клас токсичності												Сумарний коефіцієнт забруднення СІЗ або Z <sub>c</sub>
		I клас		II клас				III клас		IV клас		Fe	Al	
		Hg	Cd	Zn	Cu	Pb	Ni	Co	Mo	Cr	Se			
ГДК	2,1 валовий	0,6	23 рухомий	3 рухомий	32 валовий	4 рухомий	5 рухомий	0,2	0,05 валовий	не встановлено	не встановлено	не встановлено		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0	0	1,4	0,1	2,4	0,4	0,1	0,01	0	0,01	20,1	5,4	1,425594306
2	2	0	0	1,6	5,4	2,6	0,1	0,2	0,03	0	0,02	35,4	6,9	3,941383339
3	3	1,4	0,4	19,4	6,2	64,2	5,2	6,1	0,3	0,06	3,6	66,4	70,2	25,40167432
4	4	1,5	0,5	18,6	6,1	5,4	0,1	0,1	0,01	0,04	0,03	60,3	91,3	12,82035861
5	5	0	0	1,2	0,4	6,4	0,3	0,3	0,07	0	0,04	65,2	5,4	3,74764076
6	6	0	0	1,6	0,3	6,7	0,1	0,1	0,02	0	0,03	76,1	10,1	4,05477866
7	7	0	0	1,5	0,5	8,2	0,2	0,1	0,03	0	0,01	24,3	12,3	2,332846045
8	8	0	0	0,9	5,6	4,8	5,7	4,7	0,2	0	3,1	83,4	16,1	15,99652147
9	9	1,6	0,3	17,3	6,1	72,1	0,4	0	0,04	0,04	0,02	71,3	80,2	14,56081149
10	10	1,3	0,4	16,3	0,1	4,3	0,1	0	0,05	0,03	0,02	72,6	96,4	11,14199348
11	11	1,2	0,5	21,2	0,1	60,3	0,1	0	0,01	0,05	0,03	60,4	71,5	11,60989895
12	12	0	0	4,3	0,4	3,6	0,2	0	0	0	0,01	12,3	6,4	1,325050692
13	13	0	0	1,2	1,2	3,9	6,2	6,1	0,4	0	36,6	12,9	8,2	13,83509213
14	14	0	0	1,6	1,6	6,1	0,1	0	0	0	0,01	12,7	9,4	1,840201571
15	15	1,1	0,6	19,4	4,5	66,9	0,1	0	0	0,03	0,02	6,5	81,3	11,32078246
16	16	1,3	0,3	18,5	0,9	6,4	0,1	0	0	0,03	0,03	75,3	65,4	9,57335883
17	17	1,5	0,4	16,4	0,8	6,5	0,2	0	0	0,03	0,04	74,3	70,4	9,9948949907

Всього у базі даних 1441 проба

Вміст елементу Сі при хвильово-ройовому його розподілі по площі

0	0,01-0,1	0,1-1,0	1,0-5,0	5,0-10,0	10,0-25,0	>25,0
0	0,03	0,8	1,1	9,65	14,3	41,2
0	0,01	0,6	1,4	7,04	16,4	35,4
0	0,01	0,95	2,3	9,55	12,3	26,6
0	0,01	0,8	2,4	9,85	22,3	48,9
0	0,03	0,9	1,9	7,05	21,4	38,7
0	0,02	0,3	1,9	5,7	24,3	36,6
	0,03	0,6	1,6	8,1	20,6	38,5
	0,03	0,41	2,3	9,8	21,9	41,2
	0,01	0,4	3,4	5,9	21,7	40,1
	0,02	0,3	2,1	5,3	21,85	36,5
	0,041	0,9	2,85	5,4		32,9
	0,01		4,8	6,35		
	0,03		4,3	9,75		
			2,9			
			1,6			
			1,6			
			4,6			
			3,5			
			1,4			
			1,55			
			2,4			
			1,32			
			2,9			
			3,6			
			2,4			
			3,15			
			3,85			
			1,6			
			2,9			
			3,9			
$\sum_{n=1}^6 = 0$	$\sum_{n=1}^{14} = 0,311$	$\sum_{n=1}^{11} = 6,96$	$\sum_{n=1}^{34} = 86,35$	$\sum_{n=1}^{13} = 99,70$	$\sum_{n=1}^{10} = 197,05$	$\sum_{n=1}^{11} = 416,7$
$\bar{x} = \frac{0}{6} = 0$	$\bar{x} = \frac{0,311}{14} = 0,022$	$\bar{x} = \frac{6,96}{11} = 0,63$	$\bar{x} = \frac{86,35}{34} = 2,54$	$\bar{x} = \frac{99,7}{13} = 7,7$	$\bar{x} = \frac{197,05}{10} = 19,7$	$\bar{x} = \frac{416,7}{11} = 37,9$
ік = 0	ік = 0,022	ік = 0,63	ік = 2,54	ік = 7,7	ік = 19,7	ік = 37,9

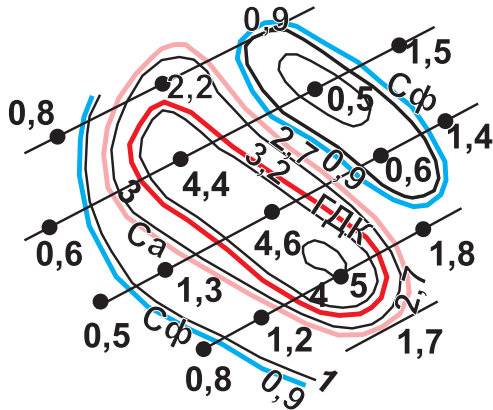
Фон (Сф) (66 проб із 99, тобто 2/3 або 66/69%) =  $\frac{0 + 0,311 + 6,96 + 86,35 + 5,3}{6 + 14 + 11 + 34 + 1} = 1,5$   
 Аномальний вміст (Са) = 3 · φ = 3 · 1,5 = 4,5  
 Ізоконцентрації (ік) для карти: 0 – 0,022 – 0,63 – 1,5 – 2,54 – 4,5 – 7,7 – 20 – 37,9  
 Сф Са ГДК

Карта фактичного матеріалу з відбору проб ґрунтів на екологічних полігонах

Розрахунки фонових (Сф) і аномальних (Са) вмістів та ізоліній рівних концентрацій-ізоконцентрат (ік) свинцю при хвильово-ройовому розподілі

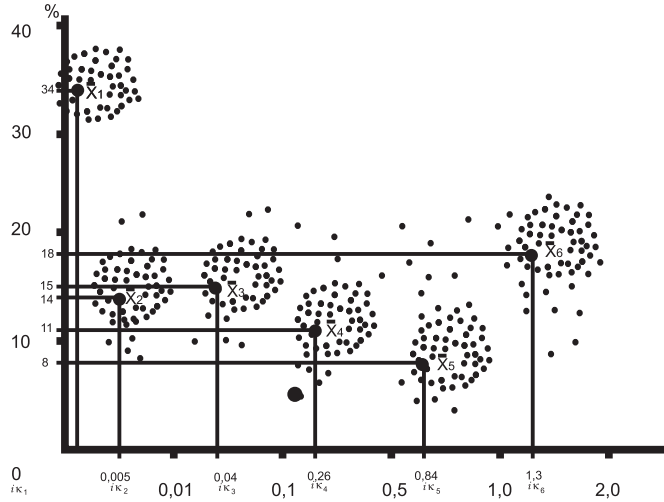
**Рис. 1. Обґрунтованість границь на екологічних картах для геоекологічного районування і розробки комп'ютеризованих систем екологічної безпеки**

Поелементні еколого-техногеохімічні карти



Вміст елементу  $C_i$  та розподіл його по площі – рівномірний  
 Ізоконцентрації  $ik$  та відповідні їм границі фону  $C_f$ , аномалій  $Ca$  і ГДК проводять шляхом рівномірної інтерполяції, як у топографії

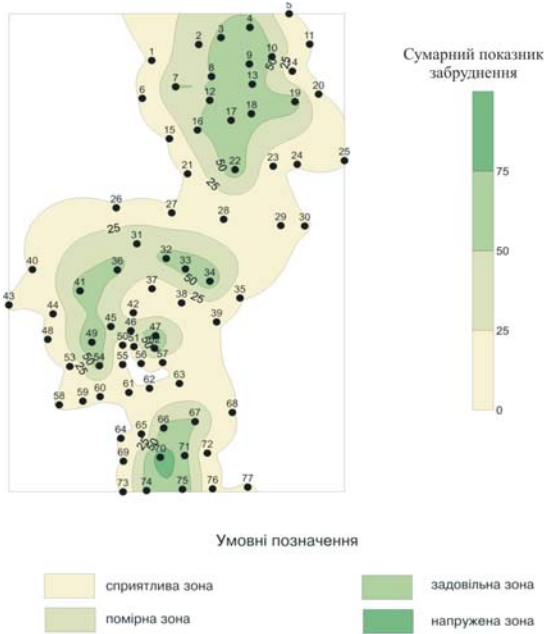
Хвильово-ройовий характер розподілу полутантів



- ізоконцентрації на еколого-техногеохімічних картах ( $ik_1, ik_2, ik_3, ik_4, ik_5, ik_6$ ) необхідно проводити через точки середнього вмісту ( $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{x}_4, \bar{x}_5, \bar{x}_6$ ) у кожному характерному інтервалі значень

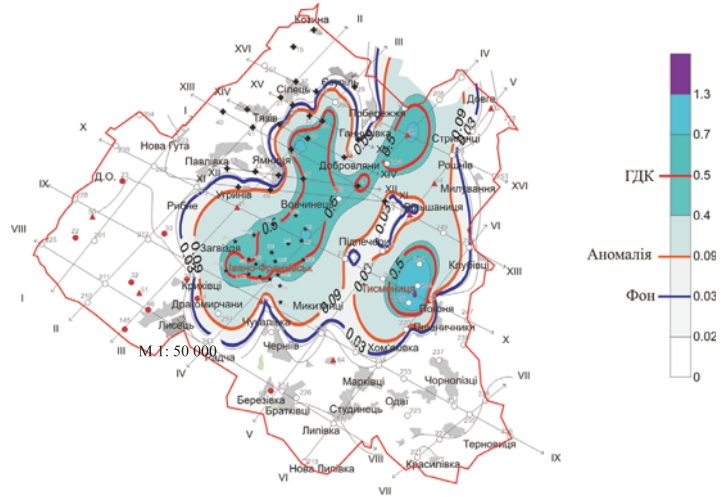
Покомпонентні еколого-техногеохімічні карти

Сумарні показники забруднення (СПЗ) одного компонента усіма досліджуваними елементами-забруднювачами



Ранжування СПЗ для виділення екологічних станів компонента

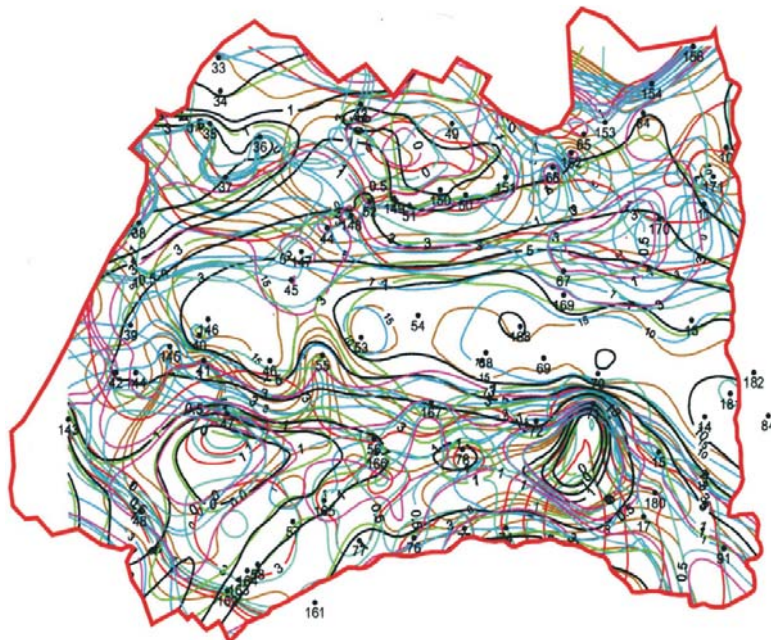
На поелементну еколого-техногеохімічну карту виносять  $ik$ , які відповідають характерним інтервалам значень  $\bar{x}$ , а також границям фону  $C_f$ , аномалій  $Ca$  і ГДК



Пил,  $mg/m^3$ , в атмосферному повітрі Тисменицького району

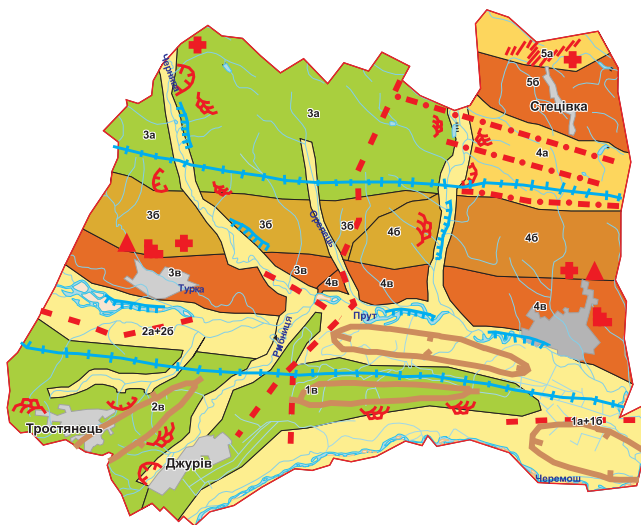
Рис. 1. Обґрунтованість границь на екологічних картах для геоecологічного районування і розробки комп'ютеризованих систем екологічної безпеки (продовження)

Сумарні показники забруднення (СПЗ) усіх компонентів усіма досліджуваними елементами-забруднювачами



Ранжування СПЗ для виділення екологічних станів усіх компонентів ландшафту

Накладання 8 електронних карт сумарних показників забруднення кожного компонента ландшафтів для визначення спільних смуг забруднення, що виносяться на карту сучасної екологічної ситуації. Снятинський район.



Карта сучасної екологічної ситуації та геоєкологічного районування. Суміщення СПЗ усіх компонентів з природним станом ландшафтів (площі забруднення + площі природних ландшафтів = геоєкологічні структури)

Умовні позначення до Карти сучасної екологічної ситуації Снятинського району

Екологічний стан основних геокомпонентів

Геологічне середовище

- Сейсмогенні розломи
- Кар'єри для розробки корисних копалин
- Неотектонічні підняття (а) та опускання (б)
- Карст

Геофізичні поля

- Інтенсивні градієнти природних магнітних і гравітаційних полів
- Радіація (>60 мкр/год)

Геоморфосфера

- Бокова та лінійна ерозія вздовж берегів рік
- Зсуви

Гідросфера

- Контури зон з сумарним показником забруднення 5, 10 і т.д. важкими металами, нафтопродуктами, пестицидами

Атмосферне повітря

- Контури зон з сумарним показником забруднення 5, 10 і т.д. важкими металами, нафтопродуктами, пестицидами

Ґрунтовий покрив

- Контури зон з сумарними показниками забруднення 3, 7, 10, 15 і т.д. важкими металами, нафтопродуктами та ін. забруднювачами

Рослинний покрив

- Контури зон з сумарними показниками забруднення 3, 7 і т.д. важкими металами

Тваринний світ

- Контури зон з сумарними показниками забруднення 3 важкими металами

Техногенне навантаження

- Основні джерела викидів та скидів
- Місця звалищ твердих відходів
- Бувші склади пестицидів

Геоєкологічний стан еколого-ландшафтних смуг

- |  |             |  |               |
|--|-------------|--|---------------|
|  | Нормальний  |  | Складний      |
|  | Задовільний |  | Незадовільний |
|  | Напружений  |  | Передкризовий |

1а, 1б, 1в, 2а і т.д. - номери геоєкологічних (еколого-ландшафтних) смуг табл. "Районування досліджуваної території"

Рис. 1. Обґрунтованість границь на екологічних картах для геоєкологічного районування і розробки комп'ютеризованих систем екологічної безпеки (закінчення)

Екологічні карти розповсюдження екологічно небезпечних техногенних об'єктів відображають тільки одну – техногенну складову екологічної ситуації без її природної основи. Прикладом таких карт є Екологічні карти Рівненської, Сумської, Полтавської, Київської, Херсонської областей масштабу 1:200 000, які опубліковані Державним науково-виробничим центром «Природа» Національного космічного агентства України. Називати їх «Екологічними» не зовсім правильно, бо на них зображені техногенні об'єкти – нафтогазопроводи, залізниці, ТЕС, АЕС та ін. на фоні адміністративно-територіальних одиниць – районів, без характеристики природної складової екосистем.

Екологічні карти техногенного навантаження найбільш розповсюджені тип екологічних карт, хоча вони не зовсім «Екологічні», тому що показують лише техногенну складову, тобто рівень забруднення певної території (області, району) викидами забруднювальних речовин у повітря, скидами у водне середовище або розміщення побутових і промислових відходів. Такі карти складаються за даними статистичних звітів і показують кількість викидів чи скидів промисловими підприємствами області або району і «прив'язують» їх до одної точки на карті. За таким принципом складена більшість карт, що містяться у названих вище атласах. Зрозуміло, що це важлива інформація, але вона відображає тільки техногенну складову екологічного стану тої чи іншої території, а значить називати такі карти «Екологічними» не можна.

Адже, на наш погляд, обсяги викидів у повітря, які «осіли» на ґрунт, ще не можуть свідчити про вміст забруднювальних речовин у цьому компоненті. Екологічний стан ґрунтів звичайно залежить від обсягів і складу викидів, але скільки і чого містить у собі цей компонент ми можемо знати тільки після аналізу проб ґрунтів, відібраних на відповідній мережі спостережень (рис. 1).

Карти сучасної екологічної ситуації. Усі попередні типи карт не можуть називатись «Екологічними», тому що вони містять лише окремі елементи екологічних карт – розповсюдження того чи іншого забруднювача по території; забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря і рослинності; розміщення екологічно небезпечних техногенних об'єктів і т. ін. Усе це потрібно для складання карти сучасної екологічної ситуації, але остання повинна давати всебічну оцінку ландшафтів – від їх природного стану до тих змін, які виникли при техногенному навантаженні.

Тому ми пропонуємо називати «Екологічними» тільки ті карти, які відображають інтегрований стан сучасної екологічної ситуації на досліджуваній території. Тобто екологічна карта – це модель сучасної екологічної ситуації. На ній необхідно виділяти не тільки техногенні об'єкти, що спричиняють забруднення, а й екологічні стани ландшафтних таксонів.

Екологічний стан [9] – це ступінь перетвореності (трансформації) первинного природного ландшафту (нульового екологічного фону) під впливом як природних так і антропогенних (техногенних) чинників (змін у часі). Послідовність змін та їх інтенсивність створює поступальний ряд станів, яких може бути від 4 [4] до 6-8 [10]: нормальний, задовільний, напружений, складний, незадовільний, передкризовий, критичний, катастрофічний.

Екологічна ситуація – це просторова «мозаїка» із ландшафтних таксонів (геосистем або їх частин) різного екологічного стану (зміни у просторі), які створюють на тій чи іншій території одночасне існування різних за ступенем перетвореності ділянок (рис. 1), зображених на екологічній карті. Звідси зрозуміло, що екологічна карта повинна характеризувати як екологічну ситуацію так і екологічні стани на тій чи іншій території.

Екологічна карта [9] – це картографічна модель екологічних станів ландшафтних таксонів, які у сукупності відображають сучасну екологічну ситуацію на території. Екологічна карта – це множина дискретних значень стану геосистеми, які поступово змінюються від точки до точки, охоплюючи всю досліджувану територію. Тобто ця множина значень повинна відображати не те, що впало на ґрунт з повітря, а те, що безпосередньо міститься у ґрунті, в різних його горизонтах, визначаючи його загальний екологічний стан (рис. 1).

**Виклад основного матеріалу.** На будь-якій карті, в тому числі і екологічній, є границі, що розділяють зображені на ній об'єкти. На екологічних картах – це ізолінії рівних концентрацій – ізоконцентрації  $ik$  вмісту  $C_i$  хімічних елементів-забруднювачів, границі розповсюдження геохімічного фону  $C\phi$ , аномалій  $Ca$  і гранично допустимих концентрацій ГДК (рис. 1). Яким же чином ми отримуємо ці параметри і як проводимо границі між ними?

Перш за все, на досліджуваній території обґрунтовується оптимальна мережа геоекологічних полігонів – точок відбору проб, що зображені на Kartі фактичного матеріалу (рис. 1). Відібрані проби ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря, дощу і снігу, донних відкладів і рослинності аналізуються відповідними методами і визначається вміст у них забруднюючих речовин. Результати аналізів групуються в комп'ютерні бази даних, що дозволяють на основі програм Sorfer, MapInfo, Arcscad, Corel Draw та ін. побудувати електронні (комп'ютерні) поелементні та покомпонентні еколого-техногеохімічні карти [1, 2, 9].

Якщо розподіл забруднювачів рівномірний по площі досліджень, то їх ізоконцентрації зображують шляхом рівномірної інтерполяції, як у топографії проводять горизонталі. З відповідними ізоконцентраціями будуть співпадати  $C\phi$ ,  $Ca$  і  $ГДК$ . Ці параметри вираховуються за розробленою авторами [1, 2, 7, 9] методикою (рис. 1). Так геохімічним фоном  $C\phi$  вважається середнє із 2/3 усіх результатів аналізів  $Ci$ , при цьому 1/3 найменших і найбільших вмістів відкидається, як нехарактерні або «ураганні».

Але в природі не все розподілено рівномірно і досить часто вмісти забруднювачів виявляють хвильово-роєвий характер, тобто рівномірний характер геохімічного поля порушується «сгустками» і «розрідженнями», які нам бажано виявити і зобразити на еколого-техногеохімічній kartі. Такі нерівномірності розподілу фону ми називаємо характерними і виявляємо їх шляхом розрахунків середнього вмісту  $C\phi$  у згрупованих характерних інтервалах. Отриманні таким чином значення  $C\phi$  і  $Ca$  будуть зображатись на еколого-техногеохімічних картах нерівномірно, через різні відстані ізоконцентрат, а не так як при рівномірному розподілі (рис. 1).

Границі на покомпонентних еколого-техногеохімічних картах відсутні, тому що такі карти показують середні показники забруднення СПЗ і їх розподіл зображується ізолініями з однаковими відстанями одна від одної як горизонталі на топографічних картах. Після цього виконують ранжування СПЗ для виділення екологічних станів того чи іншого компонента, а їх нараховують в Україні до 8 станів: нормальний, задовільний, напружений, складний, незадовільний, передкризовий, критичний, катастрофічний. Тому на покомпонентних еколого-техногеохімічних картах може бути до 7 границь між різними екологічними станами.

**Висновки.** Контури різних екологічних станів природних ландшафтів виносять на Kartу сучасної екологічної ситуації, яка буде основою для геоекологічного районування та розробки довгострокових та оперативних заходів з охорони навколишнього природного середовища.

#### Література

1. Адаменко О.М. Екологічне картування / О.М. Адаменко, Г.І. Рудько, Л.М. Консевич. – Івано-Франківськ : Полум'я, 2003. – 580 с.
2. Адаменко О.М. Методика екологічної оцінки техногенного впливу на трансформацію ландшафтів / О.М. Адаменко, Л.В. Міщенко, О.М. Журавель, В.М. Триснюк, Д.О. Зорін [та ін.] // Український географічний журнал. – 2004. – №2. – С. 22-32.
3. Барановський В.А. Екологічна географія і екологічна картографія / В.А. Барановський. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 252 с.
4. Волошин І.М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу / І.М. Волошин. – Львів : Простір, 1998. – 356 с.
5. Горленко І.О. Проблеми комплексного розвитку територій / І.О. Горленко, Л.Г. Руденко, С.Н. Малюк [и др.]. – К.: Наук. думка, 1994. – 296 с.
6. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект: навчальний посібник [для студ. вищих навч. закл.] / В.М. Гуцуляк. – Чернівці : Рута, 2001. – 272 с.
7. Зорін Д.О. Еколого-геохімічна оцінка Дністровського каньйону як регіонального коридору національної екологічної мережі України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геолог. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Д.О. Зорін. – Івано-Франківськ, 2008. – 19 с.
8. Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. – Львів : Інститут українознавства, 1997. – 440 с.
9. Міщенко Л.В. Геоекологічне районування. Наукова монографія за ред. О.М. Адаменка / Л.В. Міщенко. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. – 408 с.
10. Національний атлас України. – Київ : ДНВЦ «Картографія», 2007. – 440 с., 875 іл.

Поступила в редакцію 5 липня 2011 р.