

І.М. СМОЛЕНСЬКИЙ, В.В. КЛІД

Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу  
вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, 76019, Україна  
viktorklid@hotmail.com  
E-mail: ismolensky@ifdtung.if.ua

## ІНДИКАЦІЯ АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ РАХІВСЬКОЇ ГІРСЬКОЇ УРБООКОСИСТЕМИ

*Ключові слова: епіфітний лишайник, ліхеноіндикація, аеро-техногенне забруднення.*

### Вступ

Для визначення ступеня аеротехногенного забруднення (АТЗ) міст і промислових центрів використовують показники ліхенофлори трансформованих ландшафтів, найпоширенішими з яких є інтегральні кількісні показники [1, 3, 10]. Серед ліхеноіндикаційних методів, результати яких можна подати у вигляді карт, найбільш інформативними є так звані методи кількісної оцінки ступеня атмосферного забруднення — вивчення лишайникових угруповань та побудови біоіндикаційних шкал і розрахунку індексів. Однак в Україні можуть бути застосовані далеко не всі вони, оскільки у шенотичному відношенні ліхенофлора країни вивчена недостатньо [6], а наявні у літературі біоіндикаційні шкали і екологічні ряди полетолерантності розроблені для регіонів з різними метеокліматичними умовами та рівнями експозиції. Тому для ліхеноіндикаційних досліджень урбоекосистем може бути використане картування змін видової різноманітності епіфітів та поширення окремих видів або їх груп з подібною чутливістю до атмосферного забруднення [8], а також стандартизовані методи розрахунку індексів чистоти атмосфери (ІЧА), запропоновані канадськими та естонськими дослідниками [19, 20]. На сучасному етапі відомо декілька вітчизняних праць, виконаних у цьому напрямі, зокрема, порівняльне ліхеноіндикаційне картування міст Західної України [7]. Однак отримані оцінки передусім стосуються досить великих за площею рівнинних урбоекосистем. Натомість в умовах малих урбоекосистем, розташованих в межах гірських територій, такі дослідження практично не проводили.

Метою роботи була апробація одного з альтернативних ліхеноіндикаційних методів контролю АТЗ (специфічної *Lecanora*-індикації) у поєднанні з контактним фізико-хімічним аналізом (метод розрахунку комплексно-точкових індексів забруднення атмосфери) в умовах гірських урбоекосистем (на прикладі Рахівської гірської урбоекосистеми).

© І.М. СМОЛЕНСЬКИЙ, В.В. КЛІД, 2004

Ліхеноіндикаційні дослідження проводили в межах житлово-господарської території м. Рахів Закарпатської обл. Рахівська гірська урбоекосистема розташована у високогірній частині Українських Карпат на висоті 430 м над р. м. Клімат міста помірно-континентальний: середня температура січня становить  $-4,8^{\circ}\text{C}$ , липня —  $+8^{\circ}\text{C}$ , середньорічна —  $+7,4^{\circ}\text{C}$ . Річна сума опадів досягає 1212 мм, максимум з яких припадає на червень—липень. На території міста переважають вітри західного та південно-західного напрямків [4].

Станом на 1991 р. у м. Рахів в умовах повних технологічних циклів функціонувало 11 підприємств — стаціонарних джерел забруднення атмосфери та близько 1500 одиниць автотранспорту. За обсягами сумарних валових викидів шкідливих речовин ( $W$ ) основними аеротехногенними стресорами у Рахові були визначені картонна фабрика (КФ) і теплова електростанція (ТЕС) з  $W_{\text{кф}} = 1200,8$  т та автотранспорт (АТ) з  $W_{\text{ат}} \geq 900$  т, викиди яких становили, відповідно, 45 і 30 % загального забруднення атмосфери міста [15]. Водночас з урахуванням інгредієнтної токсичності пріоритетних компонентів АТЗ, найнебезпечнішими аеротехногенними стресорами на території міста було визначено лісокомбінат (ЛК) з  $W_{\text{лк}} = 236,3$  т, меблева фабрика (МФ) з  $W_{\text{мф}} = 103,9$  т і завод «Конденсатор» (ЗК) з  $W_{\text{зк}} = 190,2$  т відповідно за полотноанти органічного (ЛК, МФ) та неорганічного (ЗК) походження за порівнянню незначної частки характерних для них інгредієнтів (3,9—8,7 % загальнорічних валових викидів на досліджуваній території). За попереднім скринінгом поінгредієнтної інвентаризації валових викидів джерел забруднення за шкідливими речовинами, із врахуванням концентраційних параметрів, класу небезпечності та констант приведення, для організації імпаکتного хімічного моніторингу АТЗ Рахівської гірської урбоекосистеми було визначено перелік пріоритетних шкідливих речовин, що містять насамперед діоксиди сульфору та нітрогену, сажу та монооксид карбону, а також сполуки свинцю, формальдегід та інші забрудники (табл. 1).

В умовах простою більшості промислових підприємств пріоритетним джерелом аеротехногенного забруднення житлово-господарської частини міста є автономні системи опалювання, які працюють на вугіллі чи мазуті. Через відсутність у регіоні централізованого джерела опалення у Рахові зосереджена велика кількість невідрегульованих теплових установок, тобто локальних джерел забруднення. З настанням опалювального сезону у печях приватних будинків відбувається неякісне спалювання вугілля та інших видів палива, що значно забруднює атмосферу міста, головним чином оксидами карбону, сульфору та нітрогену. Також у цей час починають працювати міські котельні (більше 15) підприємств, установ та організацій. Місто знаходиться у западині, тому в цей період практично не «привітрюється» через майже повну відсутність вітрових потоків, атмосферні мікродомішки-забрудники накопичуються у приземному шарі повітря на рівні декількох метрів від землі, що створює загрозу здоров'ю населення міста.

Таблиця 1. Поінгредієнтні середньорічні викиди шкідливих речовин (*W*) в атмосферне повітря стаціонарними джерелами — підприємствами м. Рахова за 1991—1993 рр.

№ п/п	Шкідлива речовина (інгредієнт викиду)			Валові викиди, $W_p$ , кг/рік	Кількість підприємств з викидами конкретної речовини	
	Повна назва	Хімічна формула	Клас небезпечності (кл.н.)			Константа приведення, $\alpha_i$
1	Свинець та його сполуки	Pb, PbO, PbO <sub>2</sub> , PbBr <sub>2</sub> , Pb(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	1	1,7	26	3
2	Оксиди мангану	MnO, MnO <sub>2</sub> , Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO <sub>3</sub> , Mn <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2	1,3	53	4
3	Діоксид нітрогену	NO <sub>2</sub>	2	1,3	93452	11
4	Діоксид сульфуру	SO <sub>2</sub>	3	1,0	131351	10
5	Сульфатна кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2	1,3	325	4
6	Монооксид карбону	CO	4	0,9	204645	11
7	Пил формальдегідної смоли	HO-(CH <sub>2</sub> O) <sub>n</sub> -H; НСОН; НСООН	2	1,3	3385	1
8	Пил деревини	—	3	1,0	343	1
9	Сажа	C	3	1,0	21252	8
10	Завислі частки	—	3	1,0	5064	2
11	Толуол [ксилол]	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> [C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> )]	3	1,0	621	3
12	Стирол	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH=CH <sub>2</sub>	2	1,3	358	2
13	Епіхлоргідрин	ClCH <sub>2</sub> CH-CH <sub>2</sub>   O	2	1,3	205	1
14	Етанол	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	4	0,9	220	1
15	Циклогексанол	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> OH	3	1,0	629	1
16	Етилцелозоль	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	3	1,0	184	4
17	Етилацетат	CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	4	0,9	113	2
18	Бутилацетат	CH <sub>3</sub> COOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	4	0,9	1874	3
19	Формальдегід	НСОН	2	1,3	76	1
20	Ацетон	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	4	0,9	1196	4
21	Інші речовини*	—	1 + 4	0,9 + 1,7	104215	—

\* Невраховані під час поінгредієнтного визначення шкідливі аерозолі соляної кислоти (2 кл. н.) і гідроксиду натрію (3 кл. н.); ванадієвий (1 кл. н.), хромовий (1 кл. н.), фосфорний (2 кл. н.) і фталевий (2 кл. н.) ангідриди кислот; тританоламіну (3 кл. н.); станум та його сполуки (3 кл. н.), а також практично нетоксичні викиди діоксиду карбону, утвореного у процесі повітряно-каталітичної оксидзації його монооксиду.

Статистика захворюваності населення м. Рахів засвідчує певну кореляційну залежність між величиною аеротехногенного тиску та поширенням хвороб органів дихання, спричинених ним. При цьому від АТЗ найбільше потерпають діти (від 3 до 6 років) як найбільш незахищена категорія населення [11]. Хвороби органів дихання становили більшу частку в структурі захворюваності дітей та підлітків міста, причому цей показник є на 7,3% вищим за відповідні показники по Рахівському р-ну, тоді як загальна захво-

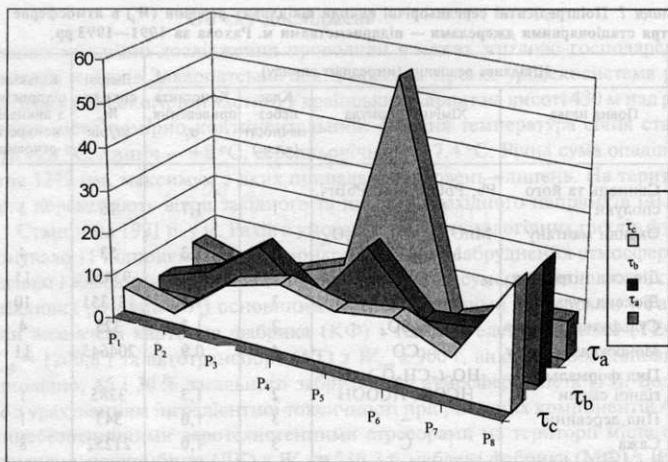


Рис. 1. Структурно-об'ємна діаграма середньостатистичної захворюваності населення м. Рахів за трьома віковими групами:  $t_a$  — діти,  $t_b$  — підлітки,  $t_c$  — дорослі за семирічний період (1991—1997) згідно з вибіркою, з урахуванням кількості випадків, тривалості захворювання та коефіцієнтів статистичної достовірності КСД-1 в межах 15 %, за пріоритетними видовими параметрами  $i$ -го захворювання ( $P_i$ ) населення, вираженими у відсотках, де відповідно визначені інфекційні та паразитарні захворювання ( $P_1$ ), психічні розлади ( $P_2$ ), хвороби нервової системи та органів чуття ( $P_3$ ), системи кровообігу ( $P_4$ ), органи дихання ( $P_5$ ) і травлення ( $P_6$ ), шкіри та підшкірної клітковини ( $P_7$ ), інші захворювання ( $P_8$ ) залежно від частки  $p_i$  захворювання у загальній середньостатистичній захворюваності населення певної вікової групи ( $100 p_i / Sp_i$ )  $t_a, b, c$  при  $i = 8$

рюваність більша на 3,7 % у другому випадку (рис. 1). Серед хвороб дитячого та підліткового населення переважали хронічний бронхіт і пневмонія, тобто захворювання, що можуть безпосередньо спричинюватися впливом аеротехногенних полутантів як покомпонентно, так і за ефектами сумачії, зокрема діоксидів сульфуру та нітрогену чи інших шкідливих речовин. При цьому встановлено, що захворюваність дитячого та підліткового населення міста становила 2,5 % загальної захворюваності, тоді як аналогічний показник по району — лише 1,1 %. Така ж закономірність встановлена і відносно хвороб системи органів кровообігу: міський градієнт тут становив 4,8 (12,1 % по місту порівняно з 2,5 % по району) за тими самими показниками загальної захворюваності (відповідно 29,9 і 33,6 %).

Загалом у 1991—1997 рр. відмічено зменшення захворюваності населення міста, зокрема дітей та підлітків, хворобами органів дихання, що певною мірою корелює із загальним зменшенням аеротехногенного тиску від викидів промислових стаціонарних джерел внаслідок посилення економічної кризи та практичної зупинки більшості підприємств Рахова.

## Матеріал і методи досліджень

З метою системного приведення фонового забруднення атмосфери за окремими компонентами до інтегрального показника забруднення повітря, який враховує різницю у швидкості зростання шкідливості речовин до приведеної шкідливості діоксиду сульфуру та відповідний рівень перевищення показників конкретних значень ГДК, ми разом з представниками інженерної служби заводу «Конденсатор» протягом 1991—1993 рр. проводили фізико-хімічні дослідження стану атмосферного повітря із врахуванням періодичності метеокліматичних умов м. Рахів у районі господарської діяльності підприємства [14, 15].

Аеротехногенний фізико-хімічний контроль здійснювали в різні пори року протягом 3-річного періоду за 9 пріоритетними поллютантами (табл. 1). З урахуванням розташування основних джерел викидів та автомагістралей міста було встановлено 16 пунктів постійних спостережень (ППС), розташованих на п'яти профілях меридіального напрямку. Відстань між ними становила близько 50 м і повністю охоплювала житлово-господарську територію Рахівської гірської урбоекосистеми (табл. 2). Для відбору проб повітря застосовували стандартний аспіраційний метод [5]. Під час відбору проб досліджувані підприємства-забрудники знаходилися у технологічному режимі. Фізико-хімічний аналіз атмосферного повітря на вміст у ньому монооксиду карбону, ароматичних вуглеводнів, складних ефірів, спиртів і кетонів проводили газохроматографічним (ГХ) методом [12, 13], а в деяких випадках — з селективним накопиченням на хроматографі серії «Цвет-100», модель 162, на спеціально синтезованих полімерних сорбентах типу ХМС, ХМП або їх модифікаціях з нанесеною стеріоспецифічною нерухомою рідкою фазою (СНРФ) [17]. Похибка ГХ-вимірювань при  $\alpha = 0,95$  не перевищувала 20 %. Вміст монооксиду нітрогену, діоксидів сульфуру та нітрогену в атмосферному повітрі визначали фотоколориметричним методом [12] на фотоелектричному колориметрі КФК-2 або СПЕКОЛ-11 (фірми «Карл Цейс Єна»). Максимальна похибка методу при  $\alpha = 0,95$  знаходилася в межах 15—25 %. Для визначення концентрації завислих часток використовували відомий аспіраційно-гравіметричний метод аналізу, при якому відносна похибка вимірювань не перевищувала 25 %; вміст свинцю та його сполук визначали стандартним атомно-абсорбційним методом за допомогою приладу С-115-М1 [12].

Інтегральні показники, зокрема індекси забруднення атмосфери (ІЗА) за конкретним *i*-інгредієнтом (покомпонентний ІЗА<sub>*p*</sub>, *I<sub>p</sub>*), для окремого ППС (точковий ІЗА<sub>*т*</sub>, *I<sub>p</sub>*) та всієї території (комплексний ІЗА<sub>*к*</sub>, *I<sub>к</sub>*) розраховували за встановленими нормативними стандартами і методичними рекомендаціями [12, 16] за формулами (1—3):

$$I_i(\text{ІЗА}_p) = \left( \frac{\bar{C}_i}{\text{ГДК}_i} \right)^{\alpha}; \quad (1)$$

Таблиця 2. Комплексні та точкові індекси забруднення атмосфери за пріоритетними шкідливими речовинами в зоні впливу заводу «Конденсатор» та в центральній частині м. Рахів за досліджуваний період при НМУ (метод ІЗА)

ППС — екостационари		ІЗА*		
Загальний район	Місцезнаходження ППС за картою-схемою міста	№ ППС	$I_p$ при $i = 8$	$I_{кр}$ при $n = 3-8$
Санітарно-захисна зона (СЗЗ) заводу «Конденсатор» (ЗК)	Центральна частина (біля цеху №1)	1	49,8	34,7
	Східна частина	2	46,2	
	Південно-східна частина (біля паливосховища)	3	30,9	
	Південна частина (біля складу сировини)	4	8,6	
	Західна частина території (між цехами № 1 і № 2)	5	20,4	
	Північно-західна частина	6	24,2	
	Північно-східна частина	7	53,8	
Житловий масив міста (ЖММ)	Північна частина (біля перехрестя вулиць Заводська—Вербник)	10	43,7	39,5
	Район дитячого садочку та агропідприємства (біля вулиць Харківська—Вербник)	8	29,6	
	Житлові будинки (біля перехрестя вулиць Миру—Вербник)	9	34,9	
Центральна частина міста (ЦЧМ)	Центр мікрорайону (біля вулиць Миру—Вербник—Заводська)	11	54,1	32,6
	Південна частина вул. Миру (на захід від СЗЗ ЗК)	12	25,6	
	Біля цеху лісокомбінату на вул. Миру	13	30,1	
	Біля маслозаводу на вул. Миру	14	31,5	
	Перехрестя вулиць Харківська—Миру—Заводська	15	40,5	
	Перехрестя вулиць Пушкіна—Миру (біля автомагістралі Івано-Франківськ—Ужгород)	16	35,4	

П р і м і т к а. Пріоритетними шкідливими речовинами органічного та неорганічного походження визначені, відповідно, ацетон ( $i_1$ ), толуол ( $i_2$ ), монооксиди карбону ( $i_3$ ) та нітрогену ( $i_5$ ), важливі частки ( $i_4$ ), діоксиди сульфуру ( $i_6$ ) та нітрогену ( $i_7$ ), свинець та його сполуки ( $i_8$ ); НМУ — несприятливі метеокліматичні умови; покомпонентні індекси забруднення атмосфери ( $I_i$ ), розраховані за визначуваною речовиною із врахуванням реальних середньоконцентраційних та ГДК параметрів, класу небезпечності (кл. н.) та константи приведення до діоксиду сульфуру ( $\alpha_1$ ) згідно з існуючими методиками та нормативними документами [12, 13].

$$I_p(\text{IЗА}_p) = \sum_{i=1}^n I_i; \quad (2)$$

$$I_k(\text{IЗА}_k) = \frac{\sum_{N=1}^N \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{\bar{C}_i}{\text{ГДК}_i} \right)^{\alpha_i} \right]}{N}, \quad (3)$$

де  $i$  —  $i$ -й компонент-мікродомішка;  $\bar{C}_i$  — усереднене значення концентрації  $i$ -го компонента за досліджуваний період (квартал, рік, декілька років); ГДК $_i$  — гранично-допустима середньодобова концентрація  $i$ -го компонента;  $\alpha_i$  — константа приведення до шкідливості діоксиду сульфуру із врахуванням відповідного класу небезпечності  $i$ -речовини;  $n$  та  $N$  — відповідно, кількість визначуваних речовин (компонентів) і ППС.

З метою ізотоксичного ліхеноіндикаційного зонування території м. Рахів за ступенями аеротехногенного навантаження виконано картування епіфітної ліхенофлори міста за показником поширення техногенно стійкого епіфітного виду *Lecanora conizaeoides* Nyl. ex Cromb. Цей відносно димостійкий вид трапляється на усіх деревно-кущових насадженнях, що дає можливість здійснити у першому наближенні первинну оцінку інтенсивності багаторічного забруднення атмосферного повітря на досліджуваній території. При цьому не враховували конкретні інгредієнтні стресори у викидах, а визначали лише загальне тривале аеротехногенне навантаження. За зменшенням чисельності виду *L. conizaeoides* можна робити висновки про тенденцію до посилення стресу на середньо- та сильнозабруднених територіях. У багатьох випадках встановлено, що значення частоти трапляння лишайника позитивно корелюють з концентрацією діоксиду сульфуру в повітрі [1, 3].

Під час ліхеноіндикаційного картування забруднення атмосферного повітря досліджувана територія була розбита на квадрати 100 × 100 м. У кожному квадраті визначали величину проективного покриття субстрату лишайником *L. conizaeoides* на висоті 1,3 м від землі по можливості на всіх видах широколистяних деревних порід, що ростуть поодинокі. При цьому лишайниковий покрив описували головним чином з північного боку дерева. Всього було виконано близько 100 описів покриву епіфітних лишайників.

### Результати досліджень та їх обговорення

Результати досліджень відібраних проб на вміст у повітрі органічних сполук (ацетону, толуолу, формальдегіду, етилцелозолів та ін.) засвідчили, що їх концентрації знаходяться в межах гранично допустимих. Проаналізувавши проби повітря на наявність неорганічних речовин, виявлено монооксид і діоксид нітрогену (в межах 0,5—0,7 ГДК), діоксид сульфуру (на рівні до 1—2 ГДК). Вміст завислих часток та монооксиду карбону у деяких випадках перевищував значення ГДК (відповідно у 2 і 7 разів). При цьому найбільші

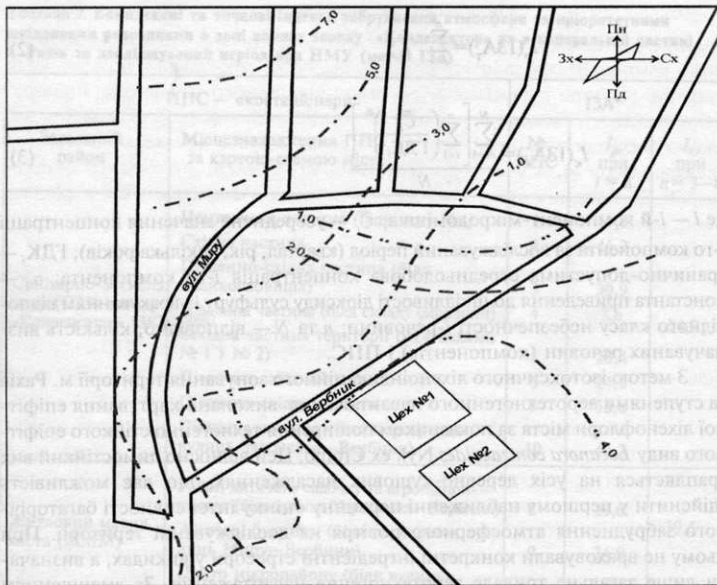


Рис. 2. Поля концентрацій пріоритетних антропогенних поллютантів у зоні впливу заводу «Конденсатор», визначені фізико-хімічними методами аналізу: а — оксид вуглицю, б — діоксид сірки, в — завислі речовини

рівні забруднення зазвичай спостерігали на півночі та заході досліджуваної території, поблизу автошляхів з інтенсивним рухом, де відбувалося накладання полів концентрацій від викидів підприємства та автотранспорту (рис. 2).

Одним із найнебезпечніших з точки зору техногенно-екологічної безпеки на досліджуваному об'єкті був цех заводу «Конденсатор», де відбувається пайка деталей за допомогоюю плюмбум-станумних припоїв при виробництві конденсаторів великої ємності. Аерозольні пари свинцю та його сполук (1 кл. н.), основну частину яких вилучали на циклонах для утилізації та повторно-го використання, виділяли у технологічному процесі назовні. З урахуванням значної щільності сполук свинцю, можна припустити, що радіус їх масопереносу в аерозольних викидах буде незначний, а найбільше АТЗ спостерігатиметься в межах санітарно-захисної зони (СЗЗ) підприємства. Однак, як ми встановили раніше [15, 16], це є ймовірним лише за сприятливих метеокліматичних умов — постійному атмосферному тиску, незначній вологості повітря та низькій швидкості вітру (менше 5 м/с). У результаті аналізів виявлено, що в пунктах 1—7, 10 (табл. 2), тобто в межах СЗЗ підприємства, концентрація



підприємства, концентрація сполук плумбуму значно перевищувала гранично допустиму (в межах 6,1—10,3 ГДК). По периметру СЗЗ концентрація свинцю була удвічі нижчою. Основним джерелом Pb-забруднення атмосфери були вентиляційні викиди цехів заводу, в яких очисні установки працювали неефективно. Спільно з керівництвом підприємства ми запропонували перспективні заходи для зниження аерозольних викидів методом впровадження технології чотирирівневої абсорбційної та гідродинамічної (вологої) доочистки шкідливих викидів, яка знизила забруднення від сполук свинцю практично на рівень ГДК [15].

За результатами фізико-хімічного аналізу вмісту пріоритетних поліютантів у атмосферному повітрі на досліджуваній території за формулами (1–3) було проведено розрахунки комплексних ( $I_k$ ) і покомпонентно-точкових ( $I_p$ ) індексів забруднення атмосфери, кількісні значення яких наведено у табл. 2. Як показали розрахунки, територіально-комплексний індекс забруднення атмосфери м. Рахів за цих умов до впровадження технології доочистки аерозольних викидів підприємства становив  $I_k = 36,5$ , що засвідчило значне аеротехногенне навантаження на досліджувану територію. Значення покомпонентно-точкових і комплексних ІЗА для СЗЗ ЗК знаходилися, відповідно, в межах середнього ( $I_p$ )<sub>min</sub> = 8,6 і сильного ( $I_p$ )<sub>max</sub> = 53,8 аеротехногенного впливу при  $I_k = 34,7$  (табл. 2).

Необхідно зауважити, що житловий масив і центральна частина міста знаходилися виключно в зоні посиленого аеротехногенного «пресу» підприємства, де покомпонентно-точкові ІЗА охоплювали значно вузький інтервал в межах 29,6—54,1 і 25,6—40,5; водночас територіально-комплексний ІЗА в першому випадку був нижчим на 2,1, а в другому — вищим на 4,8 відносно показника для СЗЗ ЗК. Одержані показники ІЗА для Рахівської гірської урбоекосистеми, що вказували на практичну відсутність «протягових» ефектів, суттєво відрізнялися від раніше встановлених нами ІЗА-критеріїв оцінки АТЗ впливу промислового підприємства на повітряне середовище міської екосистеми в умовах добре провітрюваних рівнинних територій [16].

У ході ліхеноіндикаційного картування житлово-господарської території м. Рахів з урахуванням відомих першоджерел про ліхенофлору Карпатського біосферного заповідника [2, 9, 18] було виявлено декілька видів епіфітних лишайників (переважали представники родини Lecanora). Серед інших встановлених видів — лишайники з низькою та середньою токсикотолерантністю.

За результатами аналізу поширення лишайника *L. conizaeoides*, при якому враховували показники проективного покриття субстрату (рис. 3), на території м. Рахів умовно виділено декілька ізотоксичних зон з різною інтенсивністю довготривалого аеротехногенного впливу, які симбатно корелюють з чисельністю епіфіта на досліджуваній території (рис. 4). Картограма поширення останнього вказує на певний зв'язок між величиною проективного покриття субстрату та розташуванням найімовірніших аеротехногенних «стресорів». Зокрема, зони сильного впливу АТЗ зафіксовано в районі розташу-

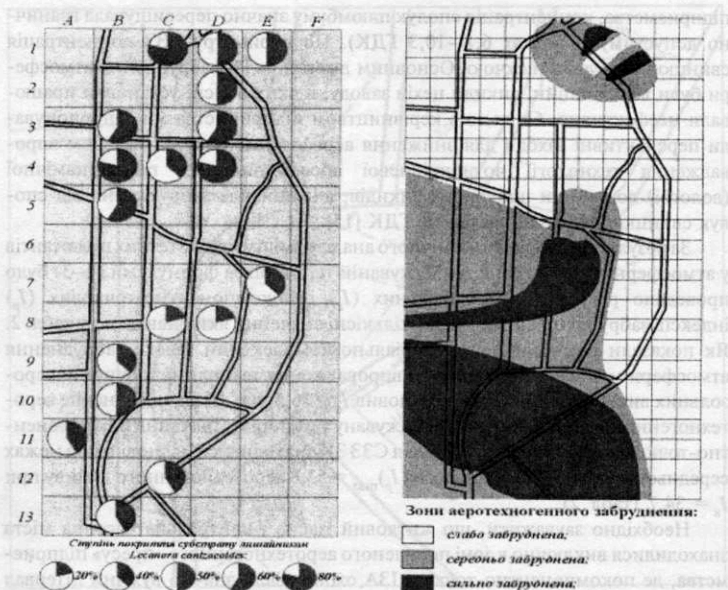


Рис. 3. Картограма поширення епіфітного лишайника *Lecanora conizaeoides* Nyl. ex Cromb: цифрами (1–13) та буквами (А–Е) позначено координати умовної сітки на території м. Рахів

Рис. 4. Ізотоксичне ліхеноіндикаційне (*Lecanora*-індикація) зонування території м. Рахів за величиною аеротехногенного забруднення

вання заводу «Конденсатор», а також залізничного вузла. Слід зауважити, що одержана позитивна кореляція між поширенням епіфіта та забрудненням атмосферного повітря (метод ІЗА) аеротехногенними полутантами, зокрема оксидами сульфуру та карбону (рис. 2, 3), засвідчують реальну можливість застосування та адекватність специфічної індикації зазначених інгредієнтів за допомогою «техногеностійкого» лишайника *L. conizaeoides* з метою первинного «маркерного» АТЗ-контролю малих гірських урбоєкосистем. Не виключено, що як стеріоспецифічні біоіндикатори забруднення повітря гірських урбоєкосистем можуть бути використані й інші види спорових рослин, що відповідно селективно реагують на аеротехногенне навантаження.

### Висновки

1. На основі поєднання фізико-хімічних і біоіндикаційних методів досліджень аеротехногенного забруднення (АТЗ) з урахуванням періодичності ме-

теокліматичних умов виконана первинна оцінка якості атмосферного повітря житлово-господарської території м. Рахова за комплексно-точковими індексами забруднення атмосфери (метод ІЗА) та ізотоксичними ліхеноіндикаційними зонами за показниками поширення епіфітного лишайника *L. conizaeoides*, який запропоновано як первинний маркер АТЗ малих гірських урбокосистем.

2. Встановлено, що в умовах посиленого аеротехногенного впливу за несприятливих метеокліматичних умов (при величині комплексного індексу забруднення атмосфери в межах  $I_k$  32–40) специфічна ліхеноіндикація за допомогою «техногеностійкого» епіфітного лишайника *L. conizaeoides* є досить ефективною.

3. Показано, що ізотоксичні зони з різним ступенем аеротехногенного навантаження, визначені, відповідно, методом специфічної ліхеноіндикації та за допомогою контактних фізико-хімічних методів досліджень, симбатно корелюють.

1. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. — М.: Наука, 1989. — 172 с.
2. Брунь Г.О., Кондратюк С.В., Навроцька І.Л. До вивчення лишайників Карпатського біосферного заповідника // Міжнародні аспекти вивчення та охорони біорізноманіття Карпат: Мат-ли Міжнар. наук.-практ. конф., присв. 550-річчю м. Рахова (25–27 вересня 1997 р., Рахів). — Ужгород: Патент, 1997. — С. 11–13.
3. Вайнер Э., Вальтер Э., Ветцель Т. и др. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: Пер. с нем. / Под ред. Р. Шуберта. — М.: Мир, 1988. — 350 с.
4. Гамор Ф.Д., Волошук І.І., Pokynьчереда В.Ф. Рахів. Місто у географічному центрі Європи: Путівник. — Сегед: Баб. і К<sup>о</sup>, 1997. — 56 с.
5. ГОСТ 17.2.6.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Приборы для отбора проб воздуха населенных пунктов. — М.: Изд. Стандарт, 1986. — 46 с.
6. Кондратюк С.Я. До аналізу систематичної структури ліхенофлори України // Укр. ботан. журн. — 1995. — 52, № 5. — С. 678–681.
7. Кондратюк С.Я., Кучерявий В.О., Крамарець В.О. Порівняльне ліхеноіндикаційне картування міст України // Укр. ботан. журн. — 1993. — 50, № 4. — С. 74–83.
8. Кучерявий В.П. Урбоекологія. — Львів: Світ, 1999. — 360 с.
9. Макаревич М.Ф., Навроцька І.Л., Юдина І.В. Атлас географического распространения лишайников в Украинских Карпатах. — Киев: Наук. думка, 1982. — 399 с.
10. Мартин Ю.Л. Биогеохимическая индикация загрязнения среды при помощи споровых растений // Изв. АН Эстонской ССР. Сер. биол. — 1985. — 34, № 1. — С. 1–15.
11. Рождаемость и смертность в городах Украины с различной экологической ситуацией // Арх. клин. и эксперим. медицины. — 1996. — 5, № 1. — С. 94–99.
12. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. — М.: Госкомгидромет, 1991. — 693 с.
13. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Справ. изд. / С.И. Муравьева, М.И. Буковский, Е.К. Прохорова и др. — М.: Химия, 1991. — 368 с.
14. Смоленський І.М., Зоріна Г.П. Дослідження хімічного забруднення довкілля в районі господарської діяльності радіотехнічного підприємства // Тез. доп. наук.-техн. конф. проф.-викл. складу університету. — Івано-Франківськ: ДОП ІФДТУНГ, 1995. — Ч. 2. — С. 126–127.
15. Смоленський І.М., Зоріна Г.П., Котюшко Н.Є. Організація імпактного хімічного моніторингу забруднення атмосферного повітря м. Рахова // Геоекологічні проблеми Івано-Франківщини та Карпатського регіону. — Івано-Франківськ: Екор, 1998. — С. 109–112.

16. Смоленский И. Н., Клид В. В., Тымчишин Т. В., Мельничук М. В. Индексы загрязнения атмосферы при оценке аэротехногенного влияния предприятия на воздушную среду промышленного города // Вопр. химии и хим. технологии. — 2002. — № 4. — С. 152—168.
17. Смоленский И. М., Котюшко Н. Е., Зорина Г. П. Селективні полімерні сорбенти для контролю забруднення аеротехногенних систем // Вопр. химии и хим. технологии. — 2002. — № 6. — С. 169—179.
18. Стойко С. М., Тасенкевич Л. О., Малиновський К. А. Флора і рослинність Карпатського заповідника. — К.: Наук. думка, 1982. — 220 с.
19. Трасс Х.Х. Анализ лишенофлоры Эстонии: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Тарту, 1968. — 80 с.
20. De Sloover J., Le Blanc F. Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity // Proc. Symp. on Recent Advances in Tropical ecology. — Varanasi, 1968. — P. 42—56.

Рекомендує до друку  
С.Я. Кондратюк

Надійшла 30.07.2004

*И.Н. Смоленский, В.В. Клид*

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

#### ИНДИКАЦИЯ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАХОВСКОЙ ГОРНОЙ УРБЕОСИСТЕМЫ

На основе обобщения физико-химических и биоиндикационных исследований аэротехногенного загрязнения (АТЗ) определены комплексно-точечные индексы загрязнения атмосферы (метод ИЗА) и изотоксические лишеноиндикационные зоны по показателям распространения эпифитного лишайника *Lecanora conizaeoides* Nyl. ex Cromb. в пределах хозяйственно-жилищной территории г. Рахов (Закарпатская обл.). Установлена положительная корреляция между величиной АТЗ и показателями проективного покрытия эпифитом субстрата в исследуемом районе горной урбеоэкоисотемы.

*I. Smolensky, V. Klid*

Ivano-Frankivsk National Technical Oil and Gas University

#### INDICATION OF THE AIROTECHNOGENIC POLLUTION OF RACHIV MOUNTAINOUS URBANECOSYSTEM

By means of the lichenoidicating methods, the assessment of the airotechnogenic pollution of the town of Rachov (Transcarpatian oblast) is made. The peculiarities of the specific lichenoidicating methods application are defined, in the conditions of small mountainous urbanecosystems. A positive correlation between the amount of the air pollution and the indicators of the epiphyt lichens (in particular, *Lecanora conizaeoides*) xpantion is defined.