

УДК 911:504.03:504.054

**Н. Л. РИЧАК**, канд. геогр. наук, **А. М. СВИСТУНОВА**

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
61022 Харків, пл. Свободи, 6  
[rychak@ukr.net](mailto:rychak@ukr.net)*

## **ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ УРБОСИСТЕМИ МЕТОДОМ ЛІХЕНО-ІНДИКАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ ДЗЕРЖИНСЬКОГО РАЙОНУ МІСТА ХАРКОВА)**

Дана оцінка якості приземного шару атмосферного повітря в урбосистемі на основі експериментальних результатів, отриманих методом ліхеноіндикації. Обґрунтовано вибір лишайників, як індикатору стану атмосферного забруднення. Хімічний аналіз лишайників та ґрунтів виконано за допомогою атомно-абсорбційної спектроскопії. Запропоновано серію карт якості приземного шару атмосферного повітря у м. Харкові.

**Ключові слова:** ліхеноіндикація, лишайники, приземний шар, атмосферне повітря, урбосистема

## **Рычак Н. Л., Свистунова А. М. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА УРБОСИСТЕМЫ МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ДЗЕРЖИНСКОГО РАЙОНА ГОРОДА ХАРЬКОВА)**

Дана оценка качества приземного слоя атмосферного воздуха в урбосистеме на основе экспериментальных результатов, полученных методом лишеноиндикации. Обосновано выбор лишайников, как индикатора состояния атмосферного загрязнения. Химический анализ лишайников и почв выполнен с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии. Предложено серию карт качества приземного слоя атмосферного воздуха в г. Харькове.

**Ключевые слова:** лишеноиндикация, лишайники, приземный слой, атмосферный воздух, урбосистема

## **Rychak N.L., Svistunova A.M. URBANSYSTEM AIR QUALITY ASSESSMENT BY LIQUENOINDICATION METHOD (ILLUSTRATED DZERZHINSKY DISTRICT OF KHARKOV)**

The quality evaluation of the atmospheric air in urbosystem based on the results was obtained by liquenoindication method. Justified the choice of lichens, as an indicators of air pollution. Chemical analysis of lichens and soils were researched by atomic absorption spectrometry. Propose surface air quality maps series to the city Kharkiv.

**Keywords:** liquenoindication, lichens, surface air, urban ecosystem

### **ВСТУП**

**Постановка проблеми.** Один із перспективних та економічно-доцільних методів екологічного моніторингу – біоіндикація, що включає велику кількість аспектів, пов'язаних із використанням біологічних об'єктів для індикації впливу антропогенного навантаження на стан довкілля. Як відомо, організми біоіндикатори мають бути нечутливими і дуже стійкими до забруднення шкідливими речовинами. Необхідно, щоб у них був тривалий життєвий цикл. Такі організми мають бути широко поширеними на планеті, кожен пристосований до певного ареалу. Серед організмів, що відповідають вище згаданим умовам – лишайники [3].

Одним з показників забруднення атмосфери газами і пилом є скупчення важких

металів у ґрунтах і рослинах. При вивченні екологічного стану рослинного покриву в межах міста досить перспективний ліхеноіндикаційний метод, при якому біоіндикаторами забруднення природного середовища є лишайники. Ці організми безпосередньо залежать від стану повітряного середовища, тому що всі елементи для своєї життєдіяльності (воду, мінеральні речовини) вони дістають із повітря. Крім того, лишайники, на відміну від інших рослин, характеризуються великою стійкістю до таких факторів, як високі і низькі температури, відсутність води, короткий вегетаційний період. Для лишайників характерне широке розповсюдження і довга тривалість життя. Особливості будови лишайників і процеси їх життєдіяльності відзначаються підвищеною чутливістю до різних забруднювачів повітря.

Лишайники дуже чутливі до низьких рівнів багатьох забруднювачів атмосфери [1].

**Мета роботи** – визначити за допомогою лишайників стан атмосферного повітря у приземному шарі атмосфери.

**Об'єкт дослідження:** аеротехногенне забруднення зелених зон Дзержинського району міста Харкова.

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методи дослідження передбачали проведення польових дослідів за існуючими методиками, експериментальні – хімічні аналізи лишайників та ґрунтів, що досліджувалися за допомогою атомно-абсорбційної спектрометрії, традиційні методи дослідження: статистичний, картографічний, лабораторно-хімічний.

Методи ліхеноіндикації, засновані на вивченні змін структури лишайникових співтовариств і складу ліхенобіоти, за впливом забруднення можуть бути розділені на наступні групи:

1. Аналіз історичних даних, заснований на порівнянні результатів нинішніх спостережень за видами лишайників і попередніх спостережень у тому ж місці.

2. Зміна структури лишайникових співтовариств біля джерела забруднення.

3. Зонування території, ґрунтоване на зміні кількості та чисельності видів. У містах розрізняють так звані «зони лишайників»:

**Предмет дослідження:** діагностика аеротехногенного забруднення екосистем на основі специфічних реакцій індикаторних видів лишайників. Серед реакцій розглядаються вміст важких металів у лишайниках і ступінь покриття лишайником деревини.

а) лишайникову «пустелю» (центр міста із сильно забрудненим повітрям – лишайники майже відсутні), вміст двооксиду сульфуру складає  $0,3 \text{ мг/м}^3$  повітря ;

б) зону «змагання» (частина міста із помірною забрудненістю повітря - флора лишайників бідна, види характеризуються пониженою життєздатністю), вміст двооксиду сульфуру в межах  $0,05 - 0,2 \text{ мг/м}^3$  повітря, на стовбурах дерев присутні види лишайників, що стійкі до забруднювача – ксанторія, фісція тощо;

в) «нормальну» зону (периферійні райони міста, де зустрічається багато видів лишайників), вміст двооксиду сульфуру нижче  $0,05 \text{ мг/м}^3$  повітря, на стовбурах зустрічаються види лишайників, що переважають у природних угрупованнях – паргелія, алекторія та інші.

4. Трансплантація лишайників – перенесення організму із його місця проживання у місце, де він необхідний для моніторингу забруднення стану навколишнього природного середовища [3].

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Лишайники, як індикатор стану атмосферного забруднення.** Лишайники, Lichenophyta (лат. *lichenes* – лишайники) – своєрідна група нижчих рослин (на думку деяких учених – відділ царства грибів) з унікальною (дуалістичною) будовою слані, до складу якої входять грибний (мікобіонт) і водоростевий (фікобіонт) компоненти. Лишайники – це цілісний організм, який має особливості, відмінні від аналогічних ознак у вільно існуючих грибів і водоростей. За зовнішньою будовою слані виділяють три морфологічних групи лишайників: накипні – слань повністю або частково занурена у субстрат і має вигляд суцільних або лускатих кірок, бородавок, зерняток (напр. *Lecanora dispersa*, *Verrucaria muralis*); листоваті – слань у вигляді гори-

зонтально розпростертих на субстраті, розчленованих пластинок (напр. *Xanthoria parietina*, *Parmelia sulcata*, *Peltigera canina*); куцисті – слань у вигляді прямостоячих або звислих кущиків (напр. *Usnea hirta*, *Cladonia rangiferina*). Слань лишайників має різноманітне забарвлення за рахунок наявності пігментів п'яти основних кольорових груп: зелені, блакитні, фіолетові, червоні, коричневі [3].

На основі структурно-функціональних особливостей та характеру процесів життєдіяльності лишайників базований метод ліхеноіндикації стану повітряного середовища [5]. Лишайники реагують на забруднення не так як вищі рослини. Довготривала дія низьких концентрацій забруднюючих речовин викликає пошкодження талому

лишайника, що не зникають аж до цілковитого його відмирання. Це пов'язано з тим, що лишайники відновлюються дуже повільно, тоді як уражені тканини вищих рослин регенеруються порівняно швидко. Низька чутливість лишайника обумовлена безперешкодним проникненням разом із опадами не лише мінеральних, а й шкідливих токсичних речовин [3].

Найбільш чутливими до дії поллютантів є лишайники кущуватої форми, що пов'язано із найбільшою по відношенню до маси площею талому. Після кущуватої за мірою збільшення стійкості до забруднення йдуть листяні форми. Найбільш стійкими прийнято вважати накипні лишайники, талом яких занурений в субстрат або має вигляд слабкої, ледь помітної шкірки [4]. Вище згадуване пристосування дозволяє лишайнику бути більш стійким до дії шкідливих речовин, що із порівняно меншою швидкістю проникають у талом. Це зумовлює збільшення його життєвого циклу.

Серед еколого – субстратних груп лишайників з метою оцінки стану повітряного середовища найкраще використовувати епіфітів.

На лишайники згубно діють речовини, що збільшують кислотність таломів і прискорюють окисні процеси. До таких речовин належать: двоокис сульфуру ( $SO_2$ ), фторо – ( $HF$ ) і хлорогідроген ( $HCl$ ). Стійкість лишайників до дії забруднення обумовлено ще рядом особливостей. Так, вологий талом страждає від забруднення більше, ніж порівняно сухіший.

Найбільш вразливі вони до дії  $SO_2$ , продукту згорання будь-якого сульфуровмісного палива [5]. Проте, відносно нешкідливі для них токсичні для інших рослинних організмів важкі метали, здатні накопичуватися в таломі у значних кількостях без змін фізіологічного гомеостазу за рахунок їх позаклітинного розміщення [3].

**Особливості накопичення антропогенних поллютантів у лишайниках та їх вміст у ґрунті.** На першому етапі дослідження відібрано чотири проби лишайників і ґрунту у центральній частині м. Харкова на вміст таких важких металів, як залізо, марганець, цинк, мідь, нікель, свинець, кобальт, хром, кадмій та алюмінію (протоколи № 128, 129, 132, 127, 130, 131, 134, 133). Перша проба була відібрана у Саду імені Тараса

Шевченка, а саме у його центральній частині, друга проба – парк імені М. О. Горького біля узбіччя проїжджої частини (вул. Сумська), третя – Ботанічний Сад ХНУ імені В.Н. Каразіна (Шатилівське джерело), четверта – Ботанічний Сад узбіччя проїжджої частини (вул. Отакара Яроша) [6].

Під час відбору проб біля Ботанічного Саду (Шатилівське джерело) на території проводились будівельні роботи [4]. Під час проведення робіт Шатилівське джерело не було зачинене, а працювало і на його території, навіть, біля будівництва відпочивала значна кількість людей разом з маленькими дітьми. Інша група людей робили фізичне навантаження і загартовувалися у воді з Шатилівського джерела.

Результати аналізу показали, що у дослідженні проб ґрунту та лишайників м. Харків (Сад ім. Шевченка) переважає вміст таких важких металів, як марганець, залізо, цинк і алюміній, найбільший вміст – марганцю, найменший – кадмію. Дослідження проб ґрунту та лишайників м. Харків (Парк ім. Горького) – переважає вміст таких важких металів, як цинк, марганець, залізо і алюміній, найбільший вміст – цинку, найменший – кадмію. Дослідження проб ґрунту та лишайників м. Харків (Шатилівське джерело) – переважає вміст таких важких металів, як цинк, марганець, залізо, кобальт і алюміній, найбільший вміст – цинку, найменший – кадмію. На час відбору проб на даній території проводились будівельні роботи. Дослідження проб ґрунту та лишайників м. Харків (Ботанічний сад) – переважає вміст таких важких металів, як цинк, марганець, залізо і алюміній, найбільший вміст – цинку, найменший – кадмію.

Дослідження проб ґрунту показали, що в усіх чотирьох місцях наявність важких металів у пробах не перевищує гранично допустимий рівень важких металів у ґрунтах.

Порівняння проб ґрунту на вміст важких металів (рис. 1) і проб лишайників (рис. 2) дають змогу встановити яка з ділянок має вищі показники забруднення.

З аналізу отриманих результатів показників проб ґрунтів встановлено, що найбільший показник таких металів, як :

Проба 1: залізо, марганець, мідь, нікель, свинець.

Проба 2: цинк.

Проба 3: алюміній, кобальт.

Проба 4: мідь, свинець, хром, кадмій.

У ґрунті максимальне накопичення важких металів та алюмінію в пробі № 1 м. Харків (Сад ім. Шевченка).

За показниками проб лишайників встановлено, що:

Проба 1: найбільший показник таких металів, як залізо, марганець, мідь, нікель, свинець, алюміній, кобальт.



Рис. 1 – Вміст хімічних елементів у пробах ґрунту

Проба 2: найбільший показник цинку.

Проба 3: жоден з показників не є найбільшим.

Проба 4: найбільший показник таких металів, як мідь, хром, кадмій.

У лишайниках максимальне накопичення важких металів та алюмінію в пробі № 1 м. Харків (Сад ім. Шевченка).

Ліхеноіндикаційний метод оцінки стану атмосферного повітря дає змогу дізнатися

про сучасний стан навколишнього середовища за допомогою біоіндикаторів. На основі структурно-функціональних особливостей та характеру процесів життєдіяльності лишайників базований метод ліхеноіндикації стану повітряного середовища. Лишайники реагують на забруднення не так як вищі рослини. Довготривала дія низьких концентрацій забруднюючих речовин викликає пошкодження талому лишайника,



Рис. 2 – Вміст хімічних елементів у пробах лишайників

що не зникають аж до цілковитого його відмирання. Найбільш уразливі вони до дії сірчистого ангідриду, двоокису азоту, хлоридів, озону, вуглекислого газу і пилу. Методи ліхеноіндикації, засновані на вивченні змін структури лишайникових співтовариств і складу ліхенобіоти [1].

Для вивчення стану приземного шару атмосферного повітря використано ліхено-

індикаційний метод, а саме розроблено ліхенологічні карти.

В дослідженні використано метод зонування території і розроблені ліхенологічні карти для саду імені Т. Г. Шевченка, ЦПКіВ імені М. Горького, Саржиного яру і Ботанічного саду ХНУ імені В. Н. Каразіна.

В дослідженні використовується методика професора О. М. Адаменко. Для оцін-

ки забруднення атмосфери парків зроблено опис лишайників «*Parmeliya gyskuvata*», які ростуть на деревах з обох сторін алеї парків. Пробна площа обмежується на стовбурі дерев'яною рамкою розміром 10×10 см, що поділена всередині тоненькими дротиками на квадратики по 1 см<sup>2</sup>. Помічають який відсоток усєї площі рамки займає ли-

шайник. На кожному дереві описують мінімум чотири пробні ділянки: дві у основі стовбуру (з різних його сторін) і дві на висоті 1,4–1,6 м [1].

Наступною дією є розрахунок коефіцієнту відносної чистоти атмосфери для кожної точки дослідження використовуючи таблицю.

Таблиця

Оцінка частоти зустрічаємості лишайників та ступінь покриття ними території дослідження [1]

Частота зустрічності (%)		Ступінь покриття		Бал оцінки
Дуже рідко	Менше 5%	Дуже низька	Менше 5%	1
Рідко	5–20%	Низька	5–20%	2
Рідкувато	20–40%	Середня	20–40%	3
Часто	40–60%	Висока	40–60%	4
Дуже часто	60–100%	Дуже висока	60–100%	5

Відносна чистота атмосфери  $VЧА = K_{сер}/5$ ;  $K_{сер}$  – середній бал

Чим ближче показник ВЧА до одиниці, тим чистіше повітря місцезнаходження [1].

За допомогою комп'ютерної програми ArcGis (9.2) на карту території дослідження наносимо репрезентативні точки дослідження, прив'язуємо їх до місцевості за допомогою системи координат і присвоюємо їм значення (коефіцієнт ВЧА). Використовуючи метод інтерполяції «Сплайн» будемо ліхенологічну карту.

Розраховано показник відносної чистоти приземного шару атмосферного повітря для приземного шару повітря на території парку імені Т. Г. Шевченка в м. Харкові.

Дослідження стану приземного шару атмосферного повітря у Саду імені Т. Г. Шевченка показали, що центральна частина Саду чиста і відносно чиста, на відміну від території вздовж вул. Сумської, особливо забрудненими є ділянки біля перехрестя доріг (рис. 3). Причиною цього є насамперед шкідливий вплив автотранспорту на середовище та, особливо, автомобільні затори у час пік на перехрестях [2]. Забруднена ділянка складає 20% від усєї площі саду.

Аналізуючи карту ЦПКіВ імені М. Горького робимо висновок, що забрудненим є атмосферне повітря вздовж вулиці Сумської, але і сама територія парку відноситься до відносно чистої (рис. 4). Це може бути пов'язано з активним транспортним рухом, а також з роботами, що проводились у самому парку. Забруднена ділянка складає 22% від усєї площі ЦПКіВ імені М. Горького.

Найчистішою, згідно з отриманими результатами, являється територія Ботанічного саду (рис. 6). Це можна пояснити тим, що це науково-дослідницький та культурно-просвітницький заклад, в якому проводиться накопичення колекцій флори з метою її вивчення, збереження, культивування й акліматизації; пошук і добір рослин, перспективних для створення зелених насаджень і здійснення інших видів господарської діяльності; робота щодо збереження генфонду рослинного світу. У ботанічному саду створюються ділянки рідкісних і звичайних рослин, а також місцевої природної рослинності [2].

## ВИСНОВКИ

Ліхенологічні карти дозволяють спостерігати за змінами, що відбуваються у стані атмосферного повітря в продовж 20–50 років. Ці методи потребують не досить значних затрат.

В результаті виконаного дослідження на території м. Харкова, можна зробити такі висновки

1. Особливості накопичення важких металів полягає в тому, що максимально в 4

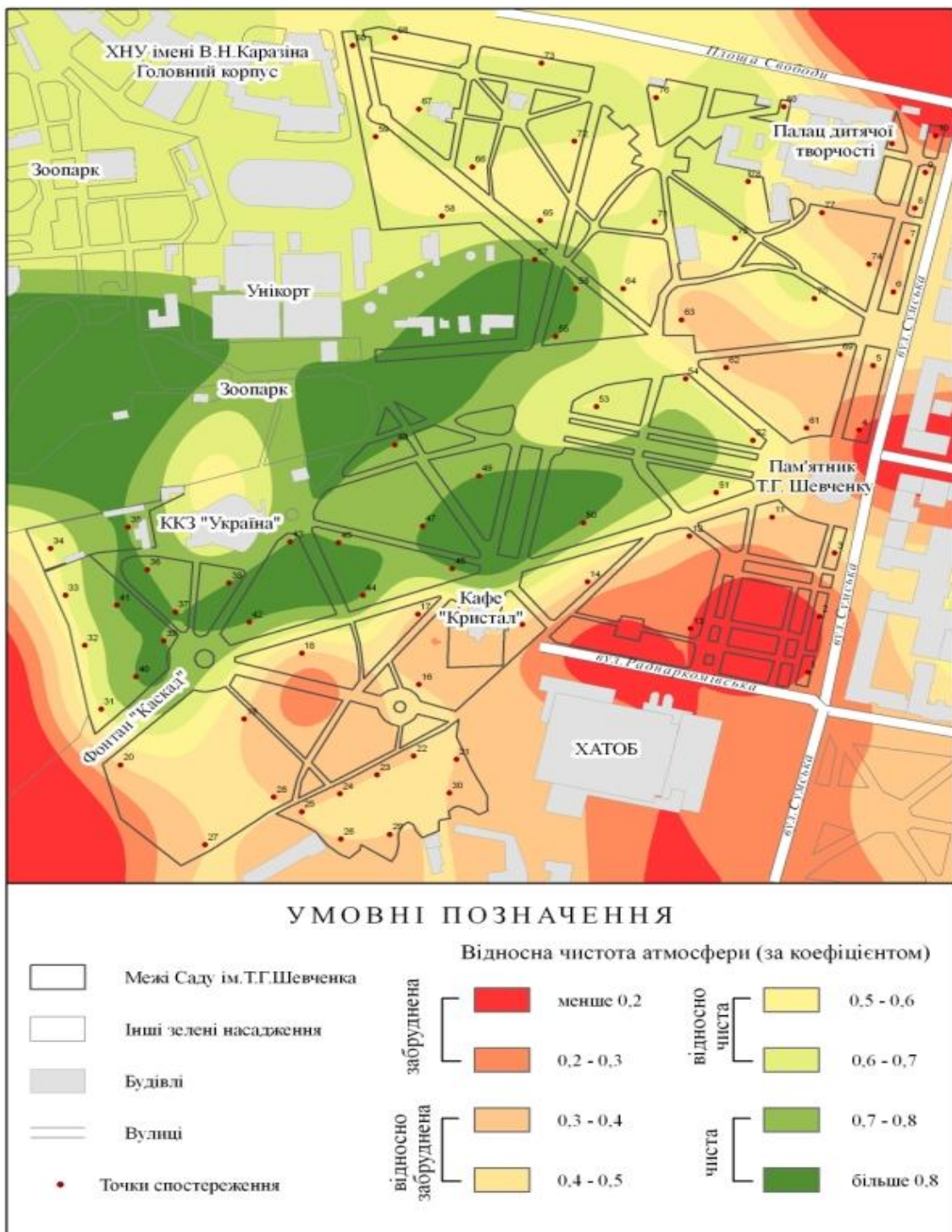


Рис. 3 – Ліхенологічна карта Саду імені Т. Г. Шевченка

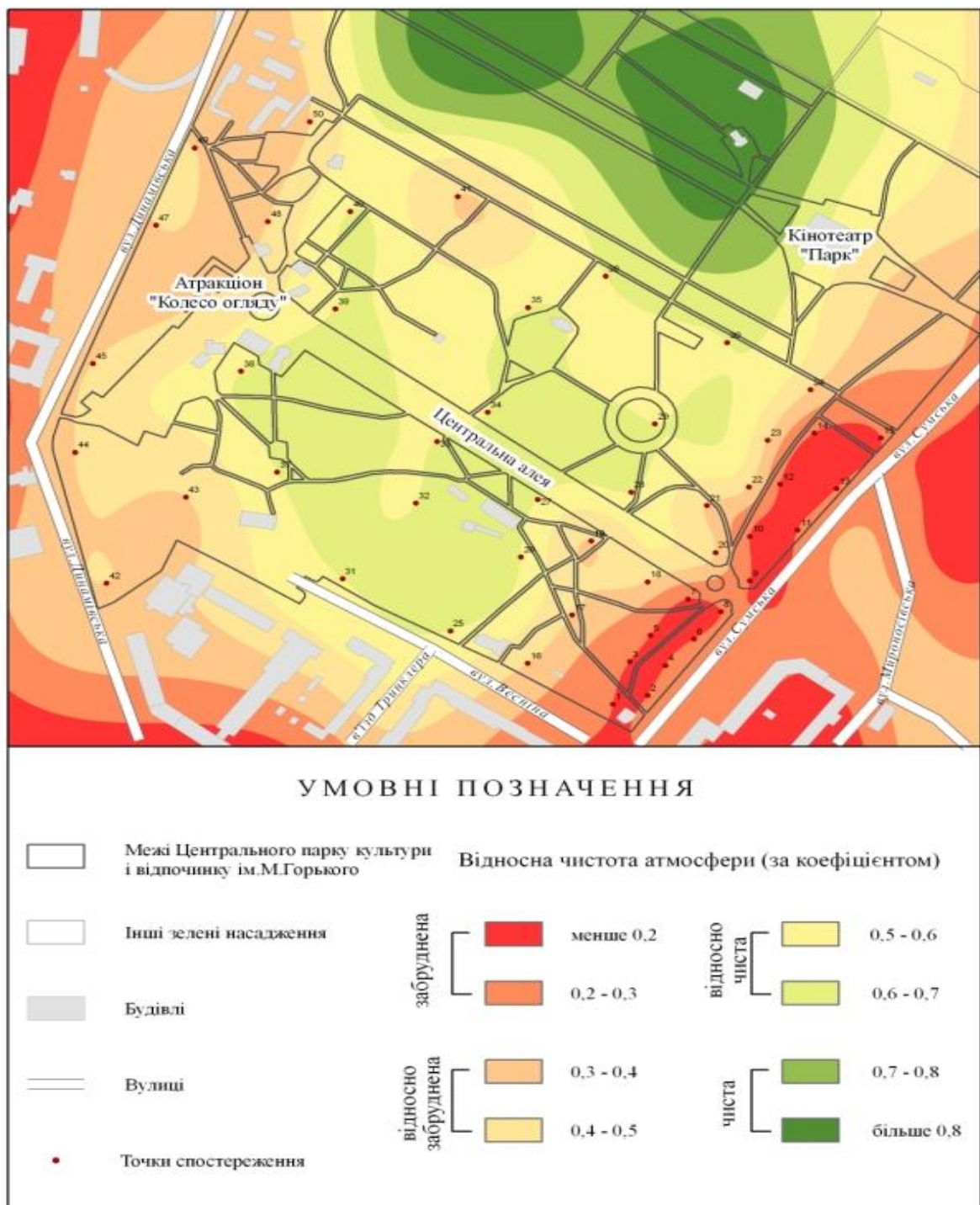


Рис. 4 – Ліхенологічна карта ЦПКіВ імені М. Горького



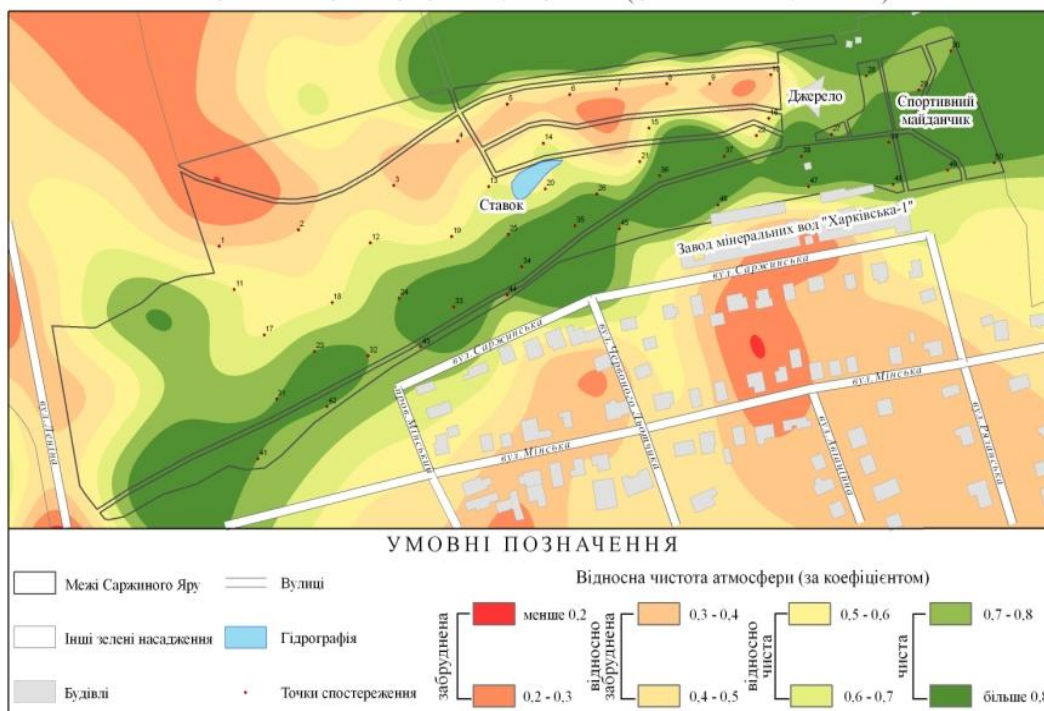


Рис.5 – Ліхенологічна карта Саржиного яру

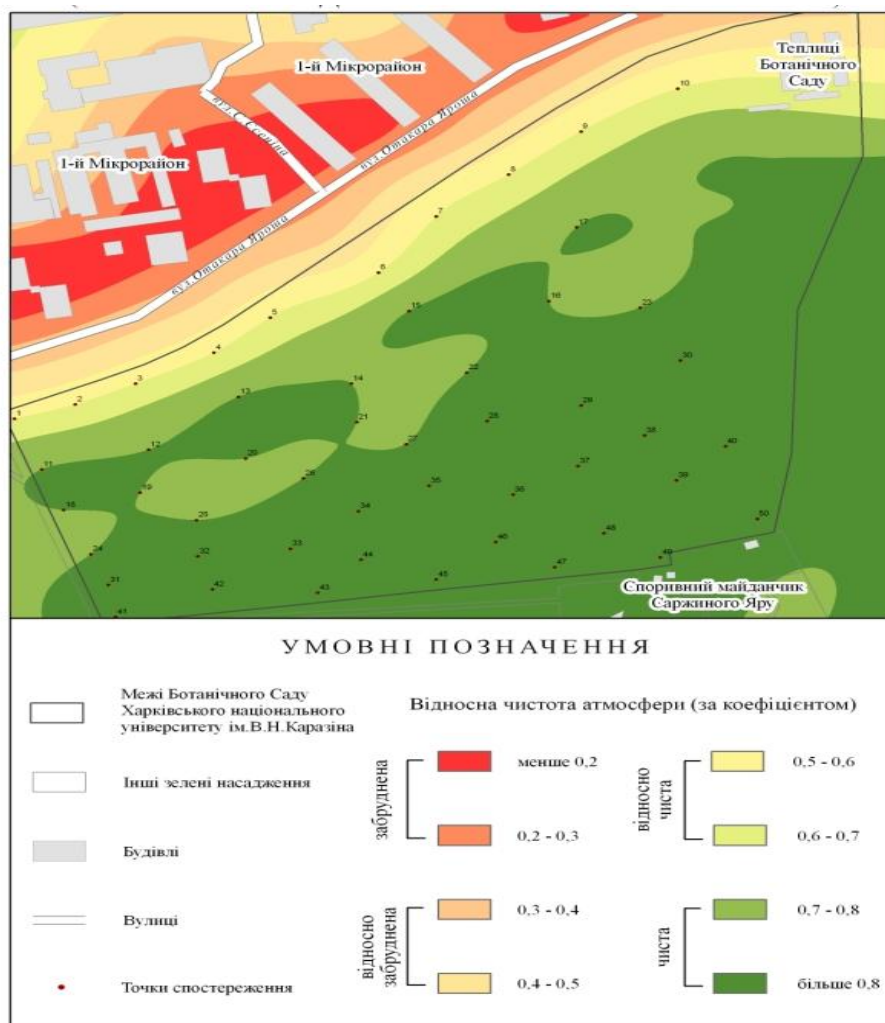


Рис. 6 – Ліхенологічна карта Ботанічного Саду

пробах визначено накопичення хімічних елементів у лишайниках – залізо, марганець, цинк, алюміній. В пробі ґрунту м. Харків (Шатилівське джерело) зафіксовано найбільший показник кобальту.

2. Найчистішою, згідно з отриманими результатами, являється територія Ботанічного саду – відсоткова частка забруднення території менше 1%, найбруднішою вияви-

лась територія Саржиного яру, де 30% – забрудненої території від загальної площі.

3. В результаті проведення ліхеноіндикаційної оцінки стану атмосферного повітря визначено, що метод ліхенологічних карт досить чітко відображає стан приземного шару повітря, дозволяє спостерігати за його змінами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Адаменко О. М. Екологія міста Івано-Франківська / Адаменко О. М., Крижанівський Є.І., Нейко Є.М., Русанов Г.Г., Журавель О. М., Міщенко Л.В., Кольцова Н.І. – Івано-Франківськ: «Сіверсія МВ», 2004р.–200с., 44 іл.
2. Атлас Харківської області. – К.: Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України, 1993. – 80 с.
3. Ашихміна Т.Я. Біоіндикація та біотестування – методи пізнання екологічного стану навколишнього середовища. / Ашихміна Т.Я. та ін. – К: Знання, 2005р. – 450с.
4. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області 2010 р.
5. Желновач Г. М. Оцінка якості та підвищення екологічної безпеки придорожного простору : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : спец. 21.06.01 « Екологічна безпека » / Г. М. Желновач. – Х., 2012. – 20 с.
6. Харьков – план города / изд. 4-е М 1:20 000. –Х.: Золотые страницы, 2004.

Надійшла до редколегії 14.09.2013

