

УДК 574:504.064

Серебряков В.В., д. б. н., професор кафедри екології,
природничих та математичних наук

КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”

Костюк Вадим Олегович,

здобувач вищої освіти спеціальності 101 “Екологія”
ступеня вищої освіти “Магістр”

КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ВІННИЦІ МЕТОДОМ БІОІНДИКАЦІЇ

Анотація. В статті обґрунтовано, що найбільшим забруднювачем атмосферного повітря Вінницької урбоєкосистеми є автомобільний транспорт, частка якого в залежності від сезону становить від 60 до 90%. Через застосування значної кількості автомобілів, недосконалих технологій, відсутність надійного і ефективного (екологічнобезпечного) палива, збільшення кількості “зношених” автомобілів виникає “критичний” екологічний стан атмосферного повітря. В статті аргументовано, що одним із найпростіших методів визначення екологічного стану атмосферного повітря Вінницької урбоєкосистеми є біоіндикація. Тому розглянуто деякі види біоіндикації, подано їх характеристику, з’ясовано особливості. Запропоновано найбільш поширені рослини-біоіндикатори антропогенного забруднення атмосферного повітря для урбоєкосистем. Визначено, що найефективнішим методом біоіндикації є ліхеноіндикація. Тому запропонована частота трапляння і ступінь покриття для кожного типу накипних, куцистих і листоватих лишайників. Подано формулу визначення індексу відносної чистоти атмосферного повітря Вінницької урбоєкосистеми.

Ключові слова: оцінка екологічного стану, атмосферне повітря, біоіндикація, частота трапляння, урбоєкосистема.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших екологічних проблем сучасності є забруднення атмосферного повітря селитебних територій як природного, так і антропогенного походження. Щорічно в атмосферу викидається значна кількість різноманітних забруднюючих речовин, кожна з яких має найбільш негативний вплив на навколишнє природне середовище (НПС) і становить певну небезпеку для живих організмів, в тому числі і для здоров’я людей [2].

Одним з найбільш забруднювачів НПС є автомобільний транспорт, частка якого становить для різних урбоєкосистем становить від 60 до 90%, в залежності від сезону, рози вітрів та інших чинників середовища. Через застосування недосконалих технологій, відсутність надійного і ефективного (еколого-безпечного) виду палива, збільшення кількості “зношених” автомобілів виникає “критичний” екологічний стан атмосферного повітря селитебних територій [5].

Матеріали й методи досліджень. Використано фондові та інформаційні джерела, практичне (натурне) обстеження Вінницької урбоєкосистеми, методики дослідження екологічного стану атмосферного повітря методом біоіндикації, лабораторні дослідження.

Методи дослідження – загальнонаукові: *аналіз, синтез, порівняння, узагальнення; спеціальні* методи дослідження: *проективного покриття* рослинами-індикаторами; *біоіндикації; математико-статистичні* (для обробки даних); *комплексні; аналітико-діагностичні; порівняльний аналіз* (для виявлення причинно-наслідкових зв’язків); біомоніторингу.

Об’єкт дослідження – зони урбоєкосистем Вінницької міської територіальної громади, їх екологічний стан.

Предмет дослідження – вплив різних чинників середовища на якість атмосферного повітря Вінницької міської територіальної громади, заходи щодо його поліпшення та охорони.

Результати досліджень. Забруднення компонентів довкілля автомобільним транспортом – одне з найбільш небезпечних для здоров’я людини, бо вихлопні гази надходять у приземний шар повітря, звідки утруднене їх розсіювання. Також будинки житлових кварталів, які знаходяться поряд з автомобільними магістралями, є екраном для вловлювання різних забруднювачів. У складі відпрацьованих газів автомобіля найбільшу питому вагу за об’ємом складають: CO (0,5-10%), NO_x (до 0,8%), CH (0,2-3,0%), альдегіди (до 0,2%), свинець, кадмій, сажа (табл. 1) [3, 5].

Токсичність вихлопних газів для карбюраторного і дизельного двигунів

Токсична речовина	Кількість токсичних речовин на спаленого палива, кг	
	карбюраторний двигун	дизельний двигун
Монооксид вуглецю CO	200	25
Вуглеводні CH	25	8
Оксиди азоту NO _x	20	36
Сажа	1	3
Сірчисті сполуки SO _x	1	30
Загалом	247	102

Автомобільний транспорт забруднює атмосферне повітря трьома основними каналами: 1) відпрацьованими газами, що викидаються через вихлопну трубу; 2) картерними газами; 3) вуглеводнями (в тому числі канцерогенними – бензапірен, бензоантропоцен) внаслідок випаровування палива з бака, карбюратора і трубопроводів. У абсолютних величинах на 1000 л палива карбюраторний двигун викидає з вихлопними і характерними газами: 200 кг монооксиду вуглецю, 25 кг вуглеводнів, 20 кг оксидів азоту, 1 кг сажі, 1 кг сірчистих сполук [5, 7].

Крім забруднення повітря, автомобільний транспорт є джерелом біля 12% викидів парникових газів в Україні, що спричиняють зміну клімату. У країнах із вищим ВВП на душу населення частка викидів від автотранспорту ще вища, тож з економічним розвитком Україна може очікувати подальшого збільшення викидів від авто [4].

До шкідливих наслідків забруднення атмосферного повітря відносяться: шкода для здоров'я людини – поширення інфекційних захворювань; зміни на генетичному рівні; збільшення кількості дитячих захворювань; нервові і онкологічні захворювання; погіршення репродуктивної функції; зниження імунітету; хвороби легенів. Атмосферне повітря населених пунктів постійно забруднюється і за всіма параметрами докорінно відрізняється від повноцінного природного повітря, яке є чистим і стимулює біологічні процеси. У людей, які проживають у районах з інтенсивно забрудненим повітрям, є зміни показників імунобіологічного статусу організму. У водіїв і пасажирів автотранспорту змінюються показники розумової та фізичної працездатності [2].

Розрізняють місцеву і загальну дію біологічного ефекту забруднення повітря. Місцева дія може спричинювати гострі захворювання дихальних шляхів і легенів. Загальна дія зводиться до того, що більшість цих речовин діє на процес обміну речовин. Часто перед загальною дією має місце місцева дія, тому загальна дія завжди повинна розглядатись у сукупності з місцевою. Можуть бути захворювання, які є характерними обмінними захворюваннями, але виникли внаслідок загальної дії повітряних забруднень [5].

Найпоширенішою шкідливою домішкою повітряного середовища є монооксид вуглецю. При вдиханні цього газу настає швидка втомлюваність, головний біль, запаморочення, порушення сну, нестабільність настрою, послаблення пам'яті, порушення діяльності серцево-судинної системи та інших систем організму. Оксид Карбону II утворює з гемоглобіном крові стійку сполуку – карбоксигемоглобін, який блокує транспорт кисню в організм. Доведений прямий зв'язок між концентрацією бенз(а)пірену в повітрі і смертністю від раку легенів. Взагалі смертність від раку легенів серед мешканців міст в два рази більша, ніж серед мешканців села. З тих елементів, які забруднюють повітря, виникненню раку легенів крім бенз(а)пірену сприяють молібден, арсен, цинк, ванадій і кадмій. У загазованих районах від раку легень вмирає у 10 разів більше людей, ніж у віддалених передмістях. У відпрацьованих газах автомобілів постійно присутній свинець, внаслідок чого у крові у водіїв і пасажирів знаходять його кількість, шкідливу для здоров'я. Чим більше свинцю в повітрі, тим більше його в крові, і це веде до зниження активності ферментів, що беруть участь у насиченні крові киснем, і до порушення обмінних процесів в організмі [5].

У містах швидко зростає кількість захворювань на кон'юнктивіт, екзему, фарингіт, ларингіт внаслідок забруднення НПС оксидом вуглецю, оксидами азоту, аміаком, вуглеводнями, сірчистим газом, формальдегідом, фторидами, аерозолями сульфатної кислоти, поверхнево-активними речовинами тощо, які викликають отруєння, а, крім того, знижують імунобіологічні властивості ор-

ганізму. Оксиди азоту викликають подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів і в тяжких випадках можуть призвести до смерті внаслідок набряку легенів. Захворюваність на пневмонію, інфаркт міокарда, алергічні хвороби, зокрема бронхіальну астму, також пов'язана із забрудненням повітря. Негативний вплив автомобільного транспорту на організм людини може проявлятися у вигляді запалення, дистрофічних змін, алергічного стану, порушення у розвитку плоду і пошкодження спадкового апарату клітини, 70-80% усіх випадків раку викликані дією хімічних канцерогенів. Вже тепер близько 4% новонароджених відрізняється генетичними дефектами, які ведуть далі до виражених спадкових захворювань [2, 4].

Забруднення атмосферного повітря призводить до підвищення кількості запальних захворювань органів дихання і очей, захворювань серцево-судинної системи, інфекційних захворювань, раку легенів. Люди, які проживають у районах, забруднених атмосферними викидами, часто мають низькі масу тіла і рівень фізичного розвитку, а також функціональні відхилення серцево-судинної і дихальної систем. Захворюваність хворобами органів дихання становить в середньому 73,5% від загальної захворюваності [2]. Коли повітря забруднене пилом, дихання людини стає поверхневим, що призводить до недостатньої вентиляції легенів і сприяє виникненню різних легеневих захворювань. Пил викликає у людини пошкодження слизової оболонки дихальних шляхів, загострення бронхіальної астми. Пил може також травмувати очі і визивати запалення слизових оболонок. Велику шкоду має сажа, яка завжди є в задимленому повітрі. Сажа утворюється при неповному згоранні вуглеводистих речовин (нафта, смоли, тощо) і має в своєму складі канцерогенні речовини. Вчені пов'язують зростання захворюваності людей на рак з задимленням міст. Екологічний ефект впливу на здоров'я людини забруднення, пов'язаного з автотранспортом, залежить як від складу забруднювачів, так і від розміщення населення. Останнє визначається не просто шириною завантажених автомагістралей, але й близькістю до них житлових будинків. Обстеження 5226 дітей у віці 1-5 років, проведене в США, показало, що в 10,8% дітей, які живуть уздовж доріг з інтенсивним автомобільним рухом, вміст свинцю в крові досягав 60 мкг і більше (при нормі 40 мкг). У 30 м від цих доріг підвищений порівняно з нормою вміст свинцю відмічався у 8,1% дітей, а на відстані 60 м тільки в 4,7% [5]. Вважається, що через вихлопні гази щорічно помирають тисячі людей (так, у Великобританії, за підрахунками вчених, щорічно помирає 11000 осіб), а збитки, які завдаються НПС, складають мільярди доларів.

Екологічний моніторинг стану повітряного середовища – це наразі одне із пріоритетних завдань стратегії сталого розвитку Вінницької міської територіальної громади.

Наразі існує значна кількість методів оцінки стану компонентів НПС – біологічні, біохімічні, хімічні, фізико-хімічні, фізичні, ландшафтно-екологічні. Однак одним із перспективних і економічно-доцільних методів екологічного моніторингу атмосферного повітря є біоіндикація, що включає значну кількість аспектів, пов'язаних із використанням біологічних об'єктів для індикації впливу антропогенного навантаження на стан компонентів довкілля [7-8].

Наслідки забруднення атмосферного повітря відображаються на зовнішньому вигляді рослин. У них під впливом шкідливих речовин відбувається збільшення числа продихів, товщини кутикули, густоти опушення, розвивається хлороз і некроз листя і хвої, їх раннє опадання. Деякі рослини дуже чутливо реагують на характер і ступінь забруднення атмосфери. Це означає, що вони можуть служити живими індикаторами стану НПС. Наразі розроблена програма комплексного екологічного моніторингу НПС, складовою частиною якого є біологічний моніторинг. Індикаторні рослини можуть використовуватися як для виявлення окремих забруднювачів повітря, так і для загальної оцінки якісного стану природного середовища. За допомогою рослин можна виявити наявність у повітрі специфічних забруднювачів, вимірюючи кількість цих речовин різними методами. На рівні виду про стан НПС можна судити за показниками продуктивності рослин. Індикаторами наявності сірчистого газу є лишайники, мохи і хвойні породи дерев, які найбільш сильно страждають від забруднень. У багатьох містах виникають зони, де лишайники взагалі відсутні – “лишайникові пустелі”. Весь комплекс екологічних чинників (температура повітря і ґрунту, вологозабезпеченість, освітленість, рН середовища, забруднення ґрунтів і повітря важкими металами) позначається на біосинтезі пігментів, змінюючи забарвлення різних частин рослини. Цей біоіндикатор може бути найбільш інформативним [7-8].

Чутливість організмів до змін умов НПС й особливо до наявності конкретних хімічних домішок покладена в основу біологічної індикації й біотестування, яку використовують поряд з інструментальними методами оцінки забруднення НПС.

Біоіндикація – оцінка стану НПС за реакціями живого організму. Ці реакції дозволяють оцінити антропогенний вплив на довкілля в показниках, що мають біологічний зміст. Для біоіндикації довкілля використовуються рослини й тварини, які мають різну стійкість до антропогенних впливів. Рослини служать хорошим показником зміни якості середовища в результаті антропогенного забруднення (табл. 2) [1, 7-8].

Таблиця 2

Рослини-біоіндикатори антропогенного забруднення атмосферного повітря

Індукований фактор забруднення довкілля	Рослина-біоіндикатор
Загальне забруднення	Лишайники й мохи
Важкі метали	Слива, квасоля звичайна
Діоксид сірки (SO ₂)	Ялина, люцерна
Фтористий водень (HF)	Кісточкові плоди, гладіолус
Хлористий водень (HCl)	Береза бородавчаста, суниця лісова
Аміак (NH ₃)	Соняшник, кінський каштан
Сірководень (H ₂ S)	Шпинат, горох
Фотосмог	Кропива, тютюн

Для визначення екологічного стану атмосферного повітря Вінницької урбоєкосистеми доцільно використати наступні методи біоіндикації: ліхено-, бріо- і фітоіндикацію.

Методика ліхеноіндикації і бріоіндикації для визначення екологічного стану атмосферного повітря м. Вінниці

Для виявлення коливання оптимальних умов ступеню впливу чинників на НПС досить часто використовують біоіндикаційні методи дослідження. Серед них найбільшого поширення набув метод ліхеноіндикації, який базується на спостереженні за розповсюдженням та кількістю лишайників у міських зелених зонах, в районах підприємств і вздовж автомагістралей. Наявність лишайників на стовбурах дерев зворотно взаємозалежна з хімічним складом забруднювачів повітря [7].

Один з вездучих ліхенологів Х. Трас розділив методи ліхеноіндикації на три групи. На перше місце він поставив методи, які дозволяють вивчати зміни, що відбуваються на життєвих функціях лишайників під впливом забруднення. Методи другої групи базуються на описі видів лишайників, що поширені у районах з різним ступенем забруднення атмосфери. Третя група включає методи вивчення лишайникових угруповань у забруднених районах і складання спеціальних карт [1, 8]. Ханс Трас розробив шкалу життєвості лишайників, яка відображає умови їх існування. Вона заснована на ступені розвитку талому і здатності до статевого розмноження. Ще одним з відомих методів дослідження забруднення повітря є метод спостереження за однаковими за розмірами лишайниками одного виду (пармелія, цетрарія, кладонія та ін.) на корі дерев. За результатами обстеження декількох десятків дорослих прямих дерев обчислюються середні бали трапляння і покриття стовбуру для кожного типу лишайників – накипних (Н), листоватих (Л) і куцистих (К) у відповідності зі шкалою (табл. 3) [3, 6].

Таблиця 3

Частота трапляння і ступінь покриття для кожного типу лишайників

Частота трапляння, %	Бал оцінки	Ступінь покриття, %	Бал оцінки
Надзвичайно рідко (менше 5)	1	Дуже низька (менше 5)	1
Дуже рідко (5-20)	2	Низька (5-20)	2
Рідко (20-40)	3	Середня (20-40)	3
Часто (40-60)	4	Висока (40-60)	4
Дуже часто (60-100)	5	Дуже висока (60-100)	5

За отриманими балами оцінки середньої частоти трапляння типів лишайників Н, Л, К розраховують індекс відносної чистоти атмосфери (ВЧА) за формулою:

$VCA = (N+2L+3K)/30$, де Н– накипні, Л – листоваті, К– кущисті. Чим ближче розрахований показник ВЧА до одиниці, тим чистішим вважають повітря на цій території. На вибраних дослідних ділянках визначається типи зон забруднення за даними ліхеноіндикації (табл. 4) [1].

Таблиця 4

Типи зон забруднення за даними ліхеноіндикації

1	Зона найбільшого забруднення (“лишайникова пустеля”). Для цієї зони характерна повна відсутність лишайників або присутність у пригніченому стані представників накипних форм – сколіціоспорум, леканора з мінімальним ПП (2–8%)
2	Зона сильного забруднення. Присутні палеотолерантні форми – ксанторія, пармелія, зрідка у пригніченому стані калоплака. Загальне ПП досягає 20–35%
3	Зона помірного забруднення. Помітно збільшується кількість видів листоватих лишайників, інколи трапляється представник кущистих форм – евернія. Загальне ПП становить 50–60%.
4	Зона незначного забруднення. Значне видове різноманіття лишайників, часто трапляються представники кущистих форм – евернія і гіпогімнія. Загальне ПП – 60–80%.

Для обстежених ділянок якості атмосферного повітря поширеним є метод складання ліхенокарт (від “*lichen*” – лишайник). На карті місцевості наносяться місця рясного трапляння видів лишайників-біоіндикаторів. Одна група лишайників властива незабрудненим зонам, друга – слабо забрудненим, третя – помірно забрудненим, і четверта – сильно забрудненим [7]. Для складання карти забруднення атмосферного повітря на місцевості вибирають кілька ділянок з різних точок.

Бріоіндикація – оцінка стану НПС за реакціями мохоподібних. Мохоподібні, на відміну від інших рослин, мають високу стійкість до забруднення та можуть бути використані для розробки швидкого і дешевого експрес-методу оцінки екологічної ситуації. Для бріоіндикаційних досліджень можна використовувати методи пасивного моніторингу. Оцінку техногенного навантаження на території дослідження за показниками вмісту токсичних металів (Pb, Zn, Cu, Ni, Mn, Fe, Cr, Ca, Sn, Cd, Mo, Sb) можна проводити за хіміко-аналітичним визначенням вмісту важких металів у гаметофітах мохів *Bryum argenteum* і *Bryum caespiticium* та у ґрунтах пробних площ. Для визначення проективного покриття мохів доречно використовувати метод К.О. Уличної зі співавторами (1989) [6-8].

Використання бріоіндикації є актуальним і вигідним, адже цей метод дозволяє стежити за станом великих за площею і різноманітних за структурою територій, які важко і недешево охопити мережею стаціонарних станцій. Мохоподібні, як безсудинні рослини, на відміну від інших представників, поглинають мінеральні речовини всією поверхнею тіла, завдяки чому нагромаджують катіони важких металів у підвищених концентраціях, і не виробили ніяких механізмів дискримінації щодо надмірного поглинання речовин. Висока чутливість мохів до наявності іонів важких металів у субстратах робить їх придатними для розробки швидкого і дешевого експрес-методу оцінки екологічного стану атмосферного повітря.

Висновок. Одним із важливих (простих і дешевих) методів визначення екологічного стану атмосферного повітря Вінницької урбоєкосистеми є біоіндикація. Інноваційність результатів дослідження полягає в тому, що використовуючи методіку біоіндикації (ліхеноіндикації, бріоіндикації, фітоіндикації) можна визначити рівень забруднення атмосферного повітря селитебної території. На основі проведених досліджень можна запропонувати шляхи поліпшення екологічного стану атмосферного повітря Вінницької урбоєкосистеми. Це дозволить поліпшити її загальний екологічний стан, зберегти біотичне різноманіття, зменшити рівень захворюваності місцевого населення, тим самим закласти підвалини сталого розвитку громади.

Список використаних джерел

1. Ашихміна Т.Я. Біоіндикація та біотестування – методи пізнання екологічного стану навколишнього середовища. К.: “Знання”. 2011. 450 с.

2. Екологічна безпека Вінниччини. Монографія. За заг. ред. Олександра Мудрака. Вінниця: ВАТ "Міська друкарня". 2008. 456 с.
3. Захист атмосфери від промислових забруднень. Під ред. С. Калверта і Г. Інглунда. М.: "Металургія", 2009. 70 с.
4. Луцишин О.Г., Палапа Н.В. Адаптація та виживання дерев Київського мегаполісу. К.: ДІА. 2016. 144 с.
5. Мудрак О.В. Екологія. Нав. пос. для студентів ВНЗ. Він.: ВАТ "Міська друкарня". 2011. 520 с.
6. Пірогов М.В., Волгін С.О. Ліхеноіндикація якості повітря околиць сірководобувного комплексу за індексами чистоти атмосфери. *Біологічні студії. Studia Biologica*. 2008. Т.2. №1. С. 77–86
7. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. Загальна екологія. Практичний курс. Навчальний посіб: У 2 ч. Частина 2. Природні наземні екосистеми. Чернівці: "Книги – ХХІ". 2008. 308 с.
8. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. Загальна екологія: практичний курс. Частина 1. Чернівці: "Рута". 2003. 320 с.

УДК 631.8:631.6.02:631.67

Тищенко А.В., д. с.-г. н., провідний науковий співробітник
відділу селекції сільськогосподарських культур

Резніченко Н.Д., к. с.-г. н., старший науковий співробітник
відділу зрошувального землеробства та декарбонізації агроєкосистем

Коновалова В.М., доктор філософії, старший науковий співробітник
відділу кліматично орієнтованих агротехнологій

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН

ВИКОРИСТАННЯ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР В ПРОМІЖНИХ ПОСІВАХ ЗРОШУВАНОЇ СІВОЗМІНИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

Анотація. Досліджено вплив післяжнивних сидератів на агрофізичні параметри темно-каштанового ґрунту, вміст органічної речовини, основних елементів живлення та формування продуктивності сівозміни в умовах зрошення Південного Степу України. Встановлено, що застосування післяжнивних посівів сидеральних культур на фоні використання всієї нетоварної частини врожаю культур сівозміни та впровадження ґрунтозахисних систем основного обробітку ґрунту є дієвими заходами з відновлення родючості темно-каштанового ґрунту в зрошуваній сівозміні Південного Степу України, які забезпечують поліпшення агрофізичних та агрохімічних параметрів ґрунту, підвищення вмісту гумусу й зменшення кількості токсичних розчинних солей.

Ключові слова: гумус, обробіток ґрунту, післяжнивні сидерати, щільність ґрунту.

Постановка проблеми. В сучасних умовах інтенсивного ведення сільського господарства зростає виробництво більшості видів сільськогосподарської продукції та поліпшуються фінансові результати діяльності підприємств. Разом з тим дедалі відчутнішими стають негативні наслідки, які проявляються в погіршенні екологічного стану ґрунтів через накопичення в них шкідливих хімічних речовин після надмірного внесення пестицидів та мінеральних добрив, виснаження ґрунтів через вирощування високоенергетичних культур без дотримання сівозмін, а значна розораність агроугідь приводить до інтенсивного розвитку ерозійних процесів і деградації ґрунтів.

Тому актуальним є створення і дотримання екологічно безпечних технологій в сільському господарстві, які базуються на ефективних ґрунтозахисних системах землеробства, де поряд з оптимізацією обробітку ґрунту, плануванням сівозмін, застосуванням біологічних препаратів для захисту рослин, внесенням компосту значне місце відводиться застосуванню сидератів та використанню на добриво нетоварних рослинних решток.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам еколого-економічної оптимізації сільськогосподарського виробництва присвячені наукові праці багатьох науковців і практиків: Сайка В.Ф., Бойка П.І., Писаренка В.М., Собка О.О., Цандура М.О., Коваленка Н.П., Польового В.М. та ін. [3–6].