

БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-9-73-51>

УДК 504.4.06(477.54):665.66

Крайнюков О.М., Кривицька І.А., Крайнюков О.О.
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ (НА ПРИКЛАДІ ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РАЙОНУ М. ХАРКОВА)

Анотація. Представлено екологічну оцінку якості атмосферного повітря Шевченківського району м. Харків. Для розрахунку концентрації хлорофілів а і b в витяжці пігментів визначали оптичну щільність витяжки на спектрофотометрі ULAB-102 при довжинах хвиль, відповідних максимумів поглинання визначених пігментів в даному розчиннику: $\lambda = 663, 646$ і 470 нм. Дослідження якості атмосферного повітря Шевченківського району м. Харків було проведено улітку 2018 року. Було відібрано 12 тестових площадок на території Шевченківського району. Якість атмосферного повітря визначали за допомогою методу біоіндикації з використанням у якості тест-об'єкту кульбабу звичайну. У червні 2018 року з 12 точок відбору у 6 спостерігалось нормальне співвідношення хлорофілів а і b (3,7-3,3), що складає 50% від загальної кількості досліджуваних створів. Понижене значення співвідношення хлорофілів а і b (3,2-2,8), спостерігалось у двох точках відбору зразків (17%) та низьке значення співвідношення хлорофілів а і b (2,7-2,3) було виявлено у 4 точках (33%). При дослідженні у липні 2018 року – з 12 точок відбору у 4 спостерігалось нормальне співвідношення хлорофілів а і b (3,7-3,3), що складає 33% від загальної кількості досліджуваних створів. Понижене значення співвідношення хлорофілів а і b (3,2-2,8), спостерігалось у 4 точках відбору зразків (33%) та низьке значення співвідношення хлорофілів а і b (2,7-2,3) було виявлено у 4 точках (33%). У серпні 2018 року з 12 точок відбору у 3 спостерігалось нормальне співвідношення хлорофілів а і b (3,7-3,3), що складає 25% від загальної кількості досліджуваних створів. Понижене значення співвідношення хлорофілів а і b (3,2-2,8), спостерігалось у 4 точках відбору зразків (33%) та низьке значення співвідношення хлорофілів а і b (2,7-2,3) було виявлено у 5 точках (42%).

Ключові слова: атмосферне повітря, забруднення, фітотоксичність, хлорофіли а і b

Krainiukov Oleksii, Krivicka Ivetta, Krainiukov Oleksandr
V.N. Karazin Kharkiv National University

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE ATMOSPHERIC AIR (ON THE EXAMPLE OF THE SHEVCHENKIVSKYI DISTRICT OF KHARKIV)

Summary. An ecological assessment of the air quality of the Shevchenkovskiy district of Kharkiv is presented. We determined the optical density of the extraction to calculate the concentration of chlorophylls a and b in the extraction of pigments on a spectrophotometer ULAB-102 at wavelengths corresponding to the maximum absorption of certain pigments in this solvent: $\lambda = 663, 646$ and 470 nm. The study of atmospheric air quality in the Shevchenkovskiy district of Kharkiv was conducted in the summer of 2018. 12 test sites were selected in the Shevchenkovskiy district. Ambient air quality was determined, using a bioindication method with a dandelion as a test object. In June 2018, a normal ratio of chlorophylls a and b (3.7-3.3) was observed in 6 sampling points out of 12, which is 50% of the total number of studied creatures. A lower value of the ratio of chlorophylls a and b (3.2-2.8), was observed at two sampling points (17%) and a low value of the ratio of chlorophylls a and b (2.7-2.3) was found at 4 points (33%). In July 2018, 4 sampling points out of 12 showed a normal ratio of chlorophylls a and b (3.7-3.3), which is 33% of the total number of studied creatures. The lower value of the ratio of chlorophylls a and b (3.2-2.8) was observed at 4 sampling points (33%) and the low value of the ratio of chlorophylls a and b (2.7-2.3) was found at 4 points (33%). In August 2018, 3 sampling points out of 12 showed a normal ratio of chlorophylls a and b (3.7-3.3), accounting for 25% of the total number of studied creatures. A lower value of the ratio of chlorophylls a and b (3.2-2.8) was observed at 4 sampling points (33%) and a low value of the ratio of chlorophylls a and b (2.7-2.3) was found at 5 points (42%). Stable poor air quality in the southern part of the Shevchenkovskiy district of Kharkiv is primarily related to air pollution by chemical compounds due to the operation of internal combustion engines of motor vehicles and the absence of rainfall, high average monthly temperature, and air entraining with light winds, which were observed in the city in July-August 2018.

Keywords: air, pollution, phytotoxicity, chlorophylls a and b.

Постановка проблеми. Забруднення навколишнього середовища є гострою екологічною проблемою особливо в міських і промислових районах. Вплив токсикантів призводить до значного погіршення стану навколишнього середовища на великих територіях. Тому актуальним завданням є пошук об'єктивних і оперативних методів ранньої діагностики техногенного забруднення природного середовища.

Проблема забруднення навколишнього середовища є надзвичайно актуальною і для міста Харкова в зв'язку з наявністю на території міста підприємств різних галузей промисловості та розгалуженої транспортної інфраструктурою.

Діяльність людини веде до незворотних змін природного середовища, до зміни природних процесів в біосфері, що регулюють перерозподіл і консервацію різних речовин, у тому числі і шкідливих.

Безпосередньої дії атмосферних забруднювачів піддаються наземні органи рослини. З них найбільше уражаються токсичними газами і аерозолями листя, хвоя і інші зелені пагони, які здійснюють інтенсивний газообмін.

Навколо та на території великих промислових районів серед функціональних порушень рослин часто згадують різке погіршення діяльності ферментних систем, інтенсивності фотосинтезу, підвищення транспірації, всихання і опадання листя і хвої, пошкодження бруньок і т.д. Подібні зміни можуть привести до загибелі окремих рослин або зникнення виду з забрудненого району. Різні дослідники спостерігали видимі зміни в фотосинтетичних структурах: набухання і руйнування хлоропластів, потовщення і зміна форми тилакоїдів, зниження вмісту хлорофілів, зміна співвідношення хлорофілів a/b , інші біохімічні зміни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Шкідливий вплив забрудненого повітря на рослини відбувається як шляхом прямої дії газів на асиміляційний апарат, так і в результаті непрямого впливу через ґрунт. При чому пряма дія кислих газів призводить до відмирання окремих органів рослин, погіршення їх зростання і продуктивності. Важко дати повну характеристику всіх шкідливих полутантів, так як їх кількість і питома вага в забрудненому повітрі швидко змінюються. В результаті взаємодії речовин утворюються нові сполуки, нерідко навіть більш токсичні, ніж вихідні компоненти [1].

При впливі різних доз токсикантів на рослини можна виділити чотири типи ушкоджень, що відрізняються за характером і глибиною розладів метаболізму: гостре, крапельно-опікове, кумулятивне та приховане. Гострі ушкодження викликаються впливом високих концентрацій полутантів. Ураження розвивається протягом декількох годин (днів) і проявляється у вигляді хлорозу з подальшою некротизацією тканин. Кислий газ, вступаючи в клітку через продихи або кутикулу, в значних кількостях накопичується в хлоропластах і призводить до пригнічення фотосинтезу [2].

Крапельно-опікове на відміну від гострого ураження, охоплює всі листя і виникає по всій кроні або більшій її частині, проявляється у вигляді некротичних точок і більших плям, поступово розширюються, і найчастіше утворюється при високій вологості повітря [3].

Кумулятивне пошкодження розвивається при тривалій дії низьких концентрацій токсикантів. Для цього типу пошкоджень характерне стійке порушення основних метаболічних процесів, зовні виражається в зменшенні розмірів і маси листя, передчасному їх обпаданні, депресії зростання, раннім старінням. Кумулятивне пошкодження згодом призводить до надмірного накопичення токсикантів у асиміляційних органах і прояву некрозів. Вище перераховані типи пошкоджень визначаються візуально або за допомогою морфологічного аналізу [4].

Приховані пошкодження викликаються дуже низькими концентраціями токсикантів, що діють постійно або періодично. До таких пошкоджень відносяться порушення фізіолого-біохімічних процесів (збільшення проникності мембран, змі-

на активності ряду ферментів, інгібування фотосинтезу і так далі) накопичення прихованих ушкоджень призводить до зниження зростання і продуктивності рослин, втрати резистентності до кліматичних чинників, патогенних мікроорганізмів і комах. Саме на стадії прихованих пошкоджень необхідно налагодити контроль за станом рослин, схильних до дії промислового забруднення повітря, що може бути досягнуто за допомогою методів спектрального аналізу [5].

Підвищена чутливість хвойних пов'язана з тривалими термінами життя хвої і поглинання газу, слабким розвитком тканин і, відповідно, недостатніми накопиченнями резервних речовин, не високою регенеративної здатністю. Проте, різні види хвойних володіють різними біоіндикаційними можливостями. Одна з найбільш важливих характеристик – сезонний ритм ростових процесів, зокрема терміни початку і кінця вегетації. Древа і чагарники, рано починають і рано закінчують вегетаційний цикл особливо сильно пошкоджуються в умовах забруднення. Види, які починають вегетацію в більш пізні терміни і пізно закінчують вегетацію, найбільш стійкі до забруднення.

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris*) – одна з найважливіших лісоутворюючих порід, що займає за чисельністю третину хвойних. Своєрідність цього виду передбачає високу адаптацію до температурних умов [6].

Одним з переваг даного об'єкта дослідження є можливість використання його протягом всього року. Сосна зберігає фотосинтетичну активність при низьких температурах, квантовий вихід не змінюється.

Для хвойних характерні сезонні зміни вмісту і співвідношення хлорофілу, а так само каротиноїдів. Від початку формування молоді хвої, кількість хлорофілу a , хлорофілу b і сума каротиноїдів в ній, плавно наростає з досягненням максимуму в серпні-вересні. Слід зазначити, що більше знижується вміст хлорофілу b , що призводить до збільшення відносини хлорофілів a/b [6].

Ставлення хлорофілів a/b протягом більшої частини року змінюється в профазі з вмістом хлорофілу b , і тільки у вересні відбувається одночасне зниження як вмісту хлорофілу b , пов'язаного з компонентами фотосистеми і фотосистеми 2 значно перевищує таку ж для хлорофілу Світлозбиральні комплексу (ССК). Відомо, що хлорофіл b зосереджений переважно з ССК і ФС 2. Швидкість руйнування пігментів не однакова в різні періоди року. Починаючись восени, процес деградації хлорофілу розвивається до зими і загальмовується, не дивлячись на морози, в січні-лютому. Процес деградації у хвої протікає при встановленні холодної та сонячної погоди взимку. В кінці весни з початком нової вегетації [7].

Мета статті – здійснити екологічну оцінку якості атмосферного повітря Шевченківського району м. Харків.

Виклад основного матеріалу. Дослідження якості атмосферного повітря Шевченківського району м. Харків було проведено улітку 2018 року. Нами було відібрано 12 тестових площадок (рис. 1) на території Шевченківського району. Якість атмосферного повітря визначали за допомогою методу біоіндикації з використанням у якості тест-об'єкту кульбабу звичайну.

Кульбаба (*Taraxacum*) – рід багаторічних трав'янистих рослин родини Айстрові (лат. *Asteraceae*). Кульбаба – рослина з гіллястим, стрижневим коренем завтовшки близько 2 см і завдовжки близько 60 см, яке у верхній частині переходить в коротке багатоголове кореневище. Листя голе, перисто-надрізане або цілісне, зібране в прикореневу розетку. Квітконос соковитий, циліндричної форми, порожнистий, несе поодинокі суцвіття-кошик язичкових яскраво-жовтих квіток. Всі частини рослини містять густий білий молочний сік. Квітне кульбаба в квітні, плодоносить сім'янками з білим чубком – з квітня по травень [8].

Насіння кульбаби утворюється без запліднення (явище апоміксису). Таким чином його генетичний матеріал ідентичний генетичному матеріалу батьківської рослини (за виключенням мутацій). Отже природний добір понизив варіативність популяції, що зменшує пристосованість її до середовища, тим не менше кульбаба досягла широкого розповсюдження.

Листя кульбаби збирали у першій половині з південної експозиції на зволоженому ґрунті. Маса зразків дорівнювала 5-6 грамів. У лабораторії еколого-токсикологічних досліджень екологічного факультету Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, стан системи вимірювань якої за результатами аудиту ДП «Харківстандартметрологія» відповідає вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 на проведення вимірювань токсичності методом біотестування у сфері поширення державного метрологічного

нагляду (свідоцтво № 01-0132/2016 від 15 грудня 2016 р., чинно до 14 грудня 2019 року), було проведено спектральний аналіз спиртових витяжок листя бульбаби, де вимірювали вміст хлорофілів а і b.

Якісний і кількісний склад пігментів є (в фізіологічному сенсі) показником пристосованості рослини до умов навколишнього середовища. Так, кількість хлорофілу і каротиноїдів більше у тіньовитривалих рослин. Співвідношення хлорофілів а і b ($Chl\ a / Chl\ b$) також є показником хроматичної адаптації і змінюється в ряду рослин тіньовитривалих → світлолюбні → альпійські: 2,5 → 3,5-3,9 → до 5,5. Часто вміст хлорофілу в досліджуваному зразку необхідно знати, щоб розрахувати питому інтенсивність будь-якої фотосинтетичної реакції.

Для розрахунку концентрації хлорофілів а і b в витяжці пігментів визначали оптичну щільність витяжки на спектрофотометрі ULAB-102 при довжинах хвиль, відповідних максимумів поглинання визначених пігментів в даному розчиннику: $\lambda = 663, 646$ і 470 нм. Контроль – чистий розчинник (96% спирт етиловий), l кюв. = 1 см^3 .

На рисунку 1 наведені місця відбору зразків кульбаби звичайної та результати визначення концентрацій хлорофілів а і b з витяжки пігментів.

В результаті проведених досліджень визначення концентрації хлорофілів а і b в витяжці пігментів кульбаби упродовж трьох літніх місяців, було отримано наступні результати:

У червні 2018 року з 12 точок відбору у 6 спостерігалось нормальне співвідношення хлорофілів а і b (3,7-3,3), що складає 50% від загальної

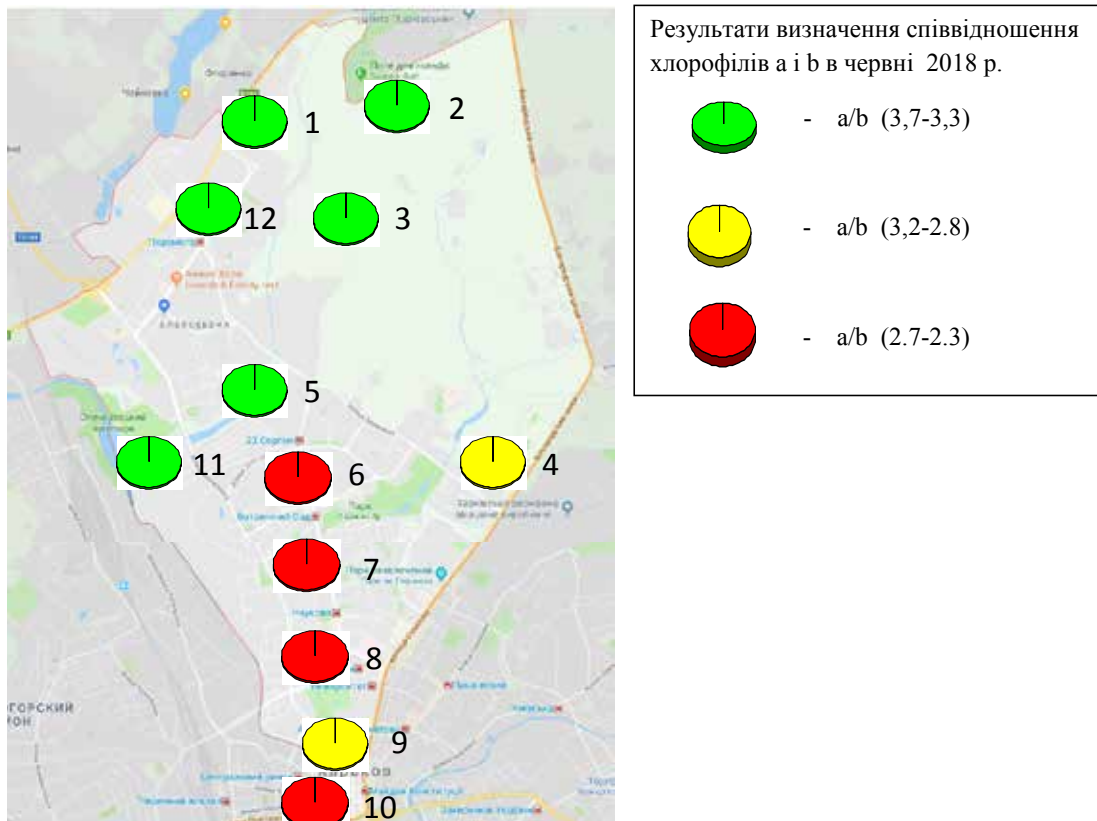


Рис. 1. Місця відбору зразків кульбаби звичайної та результати визначення концентрацій хлорофілів а і b з витяжки пігментів у червні 2018 р.

Джерело: розроблено автором

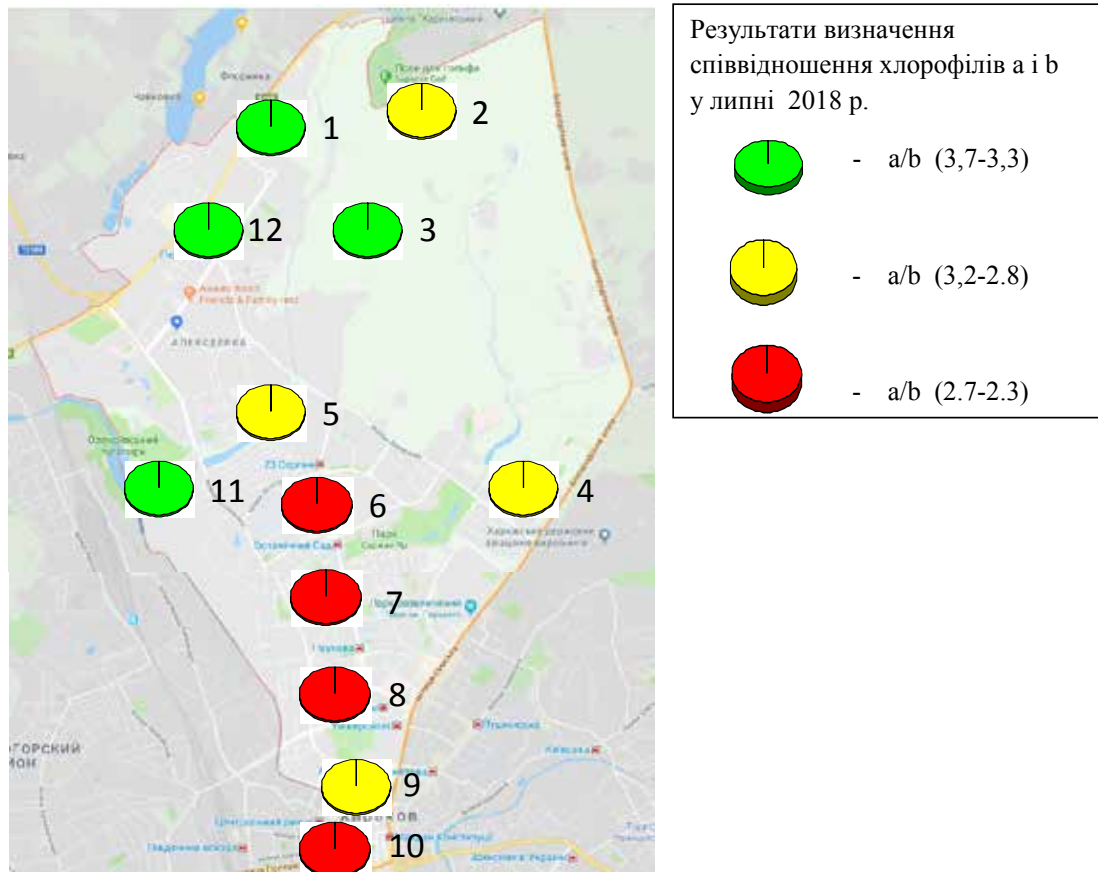


Рис. 2. Місця відбору зразків кульбаби звичайної та результати визначення концентрацій хлорофілів а і b з витяжки пігментів у липні 2018 р.

Джерело: розроблено автором

кількості досліджуваних створів. Понижене значення співвідношення хлорофілів а і b (3,2-2,8), спостерігалось у двох точках відбору зразків (17%) та низьке значення співвідношення хлорофілів а і b (2,7-2,3) було виявлено у 4 точках (33%).

Такі значення співвідношення хлорофілів а і b (2,7-2,3) визначені для південної частини Шевченківського району м. Харкова можуть бути обумовлені впливом хімічних сполук, які є результатом роботи двигунів внутрішнього згорання автотранспорту. Інтенсивність руху автотранспорту в південній частині району складає у середньому 1 300 машин на годину.

Північна та західна частини Шевченківського району м. Харкова менш підвернуті впливом автотранспорту та знаходяться в межах «зеленої» зони.

У липні 2018 року з 12 точок відбору у 4 спостерігалось нормальне співвідношення хлорофілів а і b (3,7-3,3), що складає 33% від загальної кількості досліджуваних створів. Понижене значення співвідношення хлорофілів а і b (3,2-2,8), спостерігалось у 4 точках відбору зразків (33%) та низьке значення співвідношення хлорофілів а і b (2,7-2,3) було виявлено у 4 точках (33%).

Якість атмосферного повітря в Шевченківського району м. Харкова погіршилась у липні в порівнянні із червнем 2018 р. Зміна вмісту забруднюючих речовин, що надходять в повітря міста визначається в основному трьома метеорологічними чинниками: термічним і динамічним перемішуванням, впливом опадів. Частину мін-

ливості забруднення повітря визначають хімічні процеси в міській атмосфері; їх інтенсивність залежить від погодних умов – температурного і радіаційного фону, вмісту вологи, швидкості розсіювання, які мають виражені сезонні варіації [9].

У серпні 2018 року з 12 точок відбору у 3 спостерігалось нормальне співвідношення хлорофілів а і b (3,7-3,3), що складає 25% від загальної кількості досліджуваних створів. Понижене значення співвідношення хлорофілів а і b (3,2-2,8), спостерігалось у 4 точках відбору зразків (33%) та низьке значення співвідношення хлорофілів а і b (2,7-2,3) було виявлено у 5 точках (42%).

Для стану атмосфери в містах велику небезпеку становить приземна інверсія температури в поєднанні зі слабкими вітрами, так звана ситуація застою повітря. Зазвичай вона пов'язана з великомасштабними атмосферними процесами, найчастіше з антициклонами, при яких в прикордонному шарі атмосфери спостерігаються слабкі вітри, формуються приземні радіаційні інверсії температури. Найбільш високі рівні забруднення створюються при поєднанні штильових умов з туманами і інверсіями.

Рівень забруднення повітря залежить і від наявності інших метеорологічних явищ. Найбільш істотним є вплив туманів і опадів. При виникненні туманів збільшується небезпека забруднення повітря. Краплі туману поглинають шкідливі домішки, причому не лише поблизу підстильної поверхні, але і з верхніх, найбільш забруднених

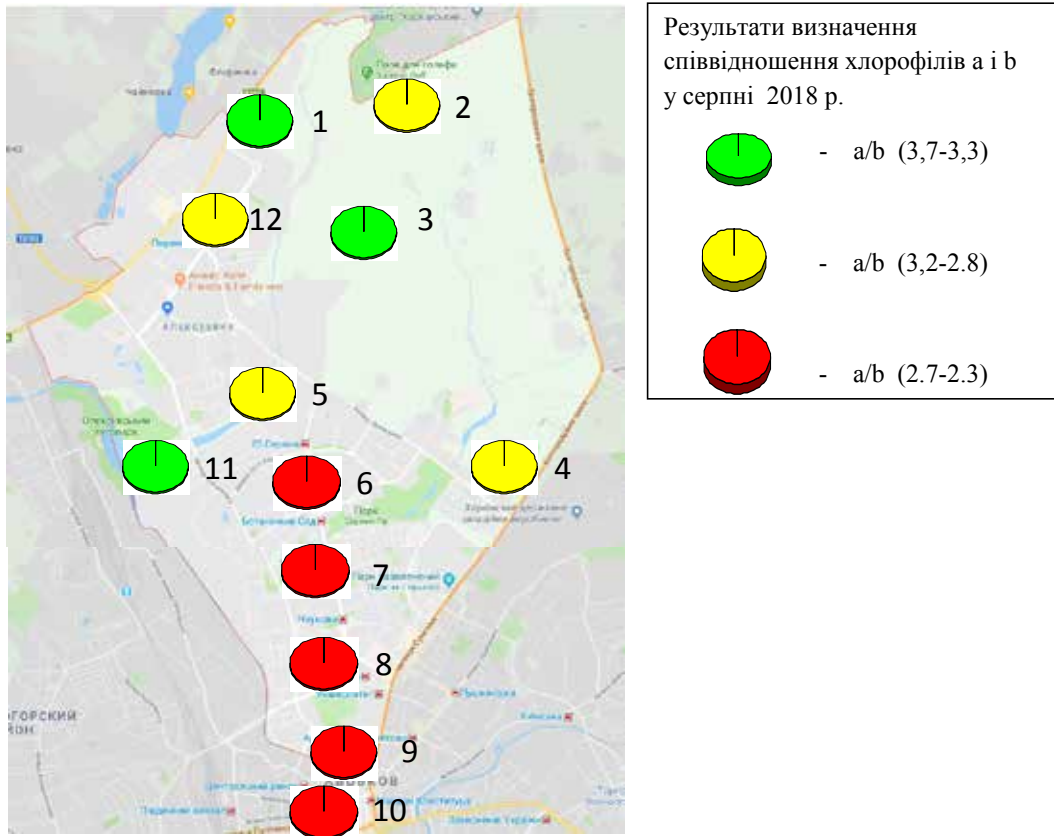


Рис. 3. Місця відбору зразків кульбаби звичайної та результати визначення концентрацій хлорофілів а і b з витяжки пігментів у серпні 2018 р.

Джерело: розроблено автором

БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

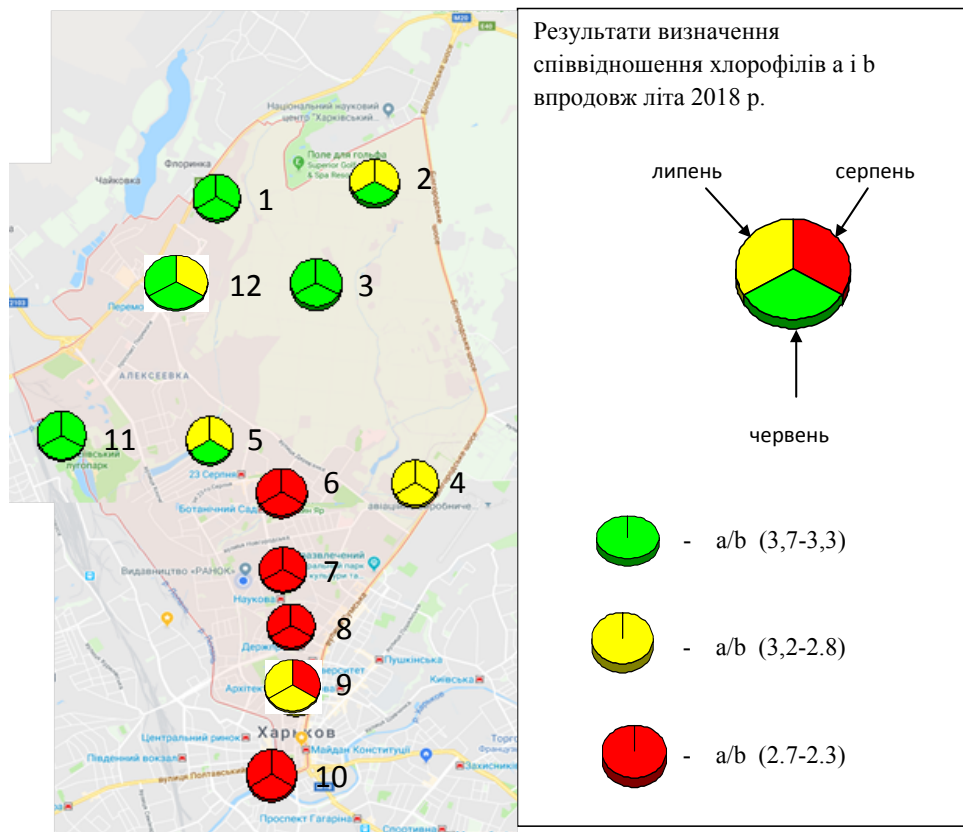


Рис. 4. Місця відбору зразків кульбаби звичайної та результати визначення концентрацій хлорофілів а і b з витяжки пігментів

Джерело: розроблено автором

Таблиця 1

Результати визначення концентрацій та співвідношення хлорофілів а і в з витяжки пігментів

№	Назва точки відбору проб	Концентрація хлорофілів а і в, мг/л / Співвідношення а/в		
		Червень 2018	Липень 2018	Серпень 2018
1.	Окружна дорога, п. Флорінка	1,170 3,41 0,343	1,169 3,67 0,318	0,870 3,74 0,234
2.	Окружна дорога, гольф-клуб «Superior Golf»	0,745 3,45 0,215	0,861 3,18 0,27	0,704 3,18 0,221
3.	Лісний масив між районами «Олексіївка» та «Пятихатки»	0,863 3,31 0,262	0,733 3,75 0,179	0,683 3,72 0,175
4.	Белгородське шосе, район ХДАВП (ХАЗ)	0,893 3,28 0,273	0,880 3,21 0,275	0,709 3,14 0,225
5.	вул. 23 серпня, район кінотеатру ім. О. Довженко	0,721 3,40 0,211	0,71 3,30 0,216	0,713 3,30 0,216
6.	метро Ботанічний сад, район готелю «Мир»	0,789 2,78 0,283	0,781 2,66 0,293	1,001 2,71 0,369
7.	метро Наукова, район Шевченківської райдержадміністрації	0,870 2,55 0,340	0,855 2,45 0,349	0,699 2,42 0,288
8.	метро Університет, сад імені Т.Г. Шевченка	0,833 2,61 0,318	0,829 2,58 0,320	0,829 2,58 0,320
9.	вул. Сумська, район скверу «Дзеркальна струя»	1,007 2,99 0,335	1,007 2,91 0,343	1,203 2,58 0,415
10.	метро Майдан Конституції, район Історичного музею	0,817 2,34 0,348	0,792 2,18 0,362	0,630 2,34 0,247
11.	Олексіївський лугопарк	0,855 3,54 0,241	0,851 3,38 0,251	0,631 3,46 0,247
12.	метро Перемога, район магазину «Класс»	0,920 3,40 0,270	0,919 3,67 0,250	0,722 3,18 0,196

Джерело: розроблено автором

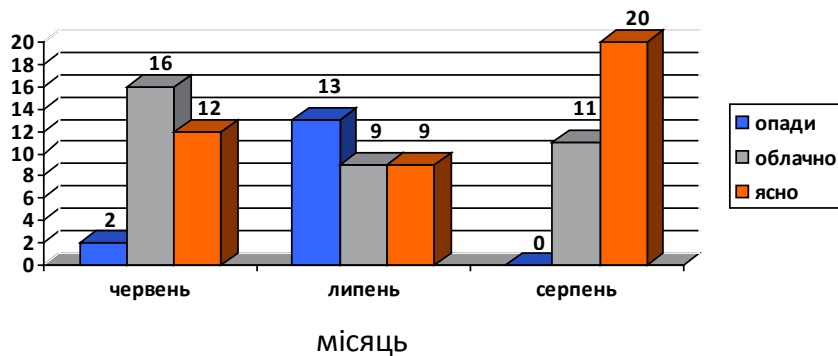


Рис. 5. Статистичні дані щодо погодних умов улітку 2018 р.

Джерело: розроблено автором

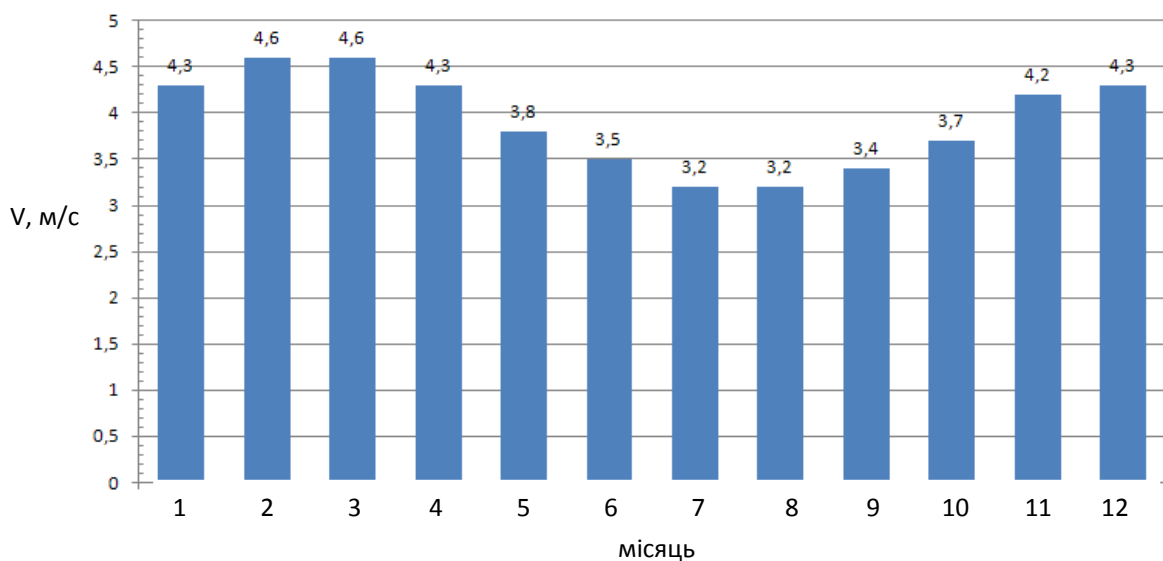


Рис. 6. Середня швидкість вітру в м. Харків

Джерело: розроблено автором

шарів повітря. Внаслідок цього концентрація домішок зростає в шарі туману і зменшується над ним. При цьому розчинення сірчистого газу, наприклад, в краплях туману приводить до утворення більш токсичною сірчаної кислоти [9].

Можливо припустити, що стабільно незадовільна якість атмосферного повітря у південній частині Шевченківського району м. Харкова, в першу чергу, пов'язана із забрудненням повітря хімічними сполуками, які є результатом роботи двигунів внутрішнього згорання автотранспорту та відсутністю опадів, підвищеною середньомісячною температурою, що призводить та застою повітря в поєднанні зі слабкими вітрами, які були характерні для міста у липні-серпні 2018 р. (рис. 5, 6).

Загалом слід зазначити, що якість атмосферного повітря за показником співвідношення хлорофілів а і b відповідає нормальному функціонуванню рослин, а саме ферментних систем, інтенсивності фотосинтезу в північній частині Шевченківського району.

Оптимальні показники якості атмосферного повітря у північній частині Шевченківського району за показником співвідношення хлорофілів а і b можливо пояснити більшою площею лісових насаджень та позитивним впливом водного середовища (точки 1, 3, 11).

Висновки. Проблема забруднення навколишнього середовища є надзвичайно актуальною і для міста Харкова в зв'язку з наявністю на території міста підприємств різних галузей промисловості та розгалуженої транспортної інфраструктурою.

Сьогодні ставиться завдання не стільки збільшення числа «живих приладів» або контрольованих параметрів екосистеми, скільки відбору декількох недорогих методів моніторингу (в тому числі біологічного), що дозволяють відслідковувати стан середовища.

Дослідження якості атмосферного повітря Шевченківського району м. Харків було проведено улітку 2018 року. Було відібрано 12 тестових площадок на території Шевченківського району. Якість атмосферного повітря визначали за допомогою методу біоіндикації з використанням у якості тест-об'єкту кульбабу звичайну.

У червні 2018 року з 12 точок відбору у 6 спостерігалось нормальне співвідношення хлорофілів а і b (3,7-3,3), що складає 50% від загальної кількості досліджуваних створів. Понижене значення співвідношення хлорофілів а і b (3,2-2,8), спостерігалось у двох точках відбору зразків (17%) та низьке значення співвідношення хлорофілів а і b (2,7-2,3) було виявлено у 4 точках (33%).

При дослідженні у липні 2018 року – з 12 точок відбору у 4 спостерігалось нормальне співвідношення хлорофілів а і b (3,7-3,3), що складає 33% від загальної кількості досліджуваних створів. Понижене значення співвідношення хлорофілів а і b (3,2-2,8), спостерігалось у 4 точках відбору зразків (33%) та низьке значення співвідношення хлорофілів а і b (2,7-2,3) було виявлено у 4 точках (33%). У серпні 2018 року з 12 точок відбору у 3 спостерігалось нормальне співвідношення хлорофілів а і b (3,7-3,3), що складає 25% від загальної кількості досліджуваних створів. Понижене значення співвідношення хлорофілів а і b (3,2-2,8), спостерігалось у 4 точках відбору зразків (33%) та низьке значення співвідношення хлорофілів а і b (2,7-2,3) було виявлено у 5 точках (42%).

Стабільно незадовільна якість атмосферного повітря у південній частині Шевченківського району м. Харкова, в першу чергу, пов'язана із забрудненням повітря хімічними сполуками, які є результатом роботи двигунів внутрішнього згорання автотранспорту та відсутністю опадів, підвищеною середньомісячною температурою, що призводить та застою повітря в поєднанні зі слабкими вітрами, які були характерні для міста у липні-серпні 2018 р.

Загалом слід зазначити, що якість атмосферного повітря за показником співвідношення хлорофілів а і b відповідає нормальному функціонуванню рослин, а саме ферментних систем, інтенсивності фотосинтезу в північній частині Шевченківського району. Оптимальні показники якості атмосферного повітря у північній частині Шевченківського району за показником співвідношення хлорофілів а і b можливо пояснити більшою площею лісових насаджень та позитивним впливом водного середовища (точки 1, 3, 11).

Список літератури:

1. Davies L., Bates J.W., Bell J.N.B. et al. Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. *Environmental Pollution*. 2007, no. 146, pp. 299–310.
2. Geebelen W., Hoffman M. Evaluation of bio-indication methods using epiphytes by correlating with SO₂-pollution parameters. *Lichenologist*. 2001, no. 33(3), pp. 249–260.
3. Giordani P. Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study from Italy. *Environmental Pollution*, 2007, no. 146, pp. 317–323.
4. Herben T., Liska J. A simulation study on the effect of flora composition, study design and index choice on the predictive power of lichen bioindication // *Lichenologist*, 1986, no. 18, pp. 349–362.
5. Отнюкова Т.Н., Дутбаева А.Т., Жижаев А.М. Особенности биоразнообразия эпифитного покрова и элементного состава древесного субстрата и мхов в условиях различного уровня загрязнения. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2012. № 3. С. 85–90.
6. Бойчук Ю.Д. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах : Матеріали IV Міжнародної наукової конференції. Дніпропетровськ : Видавництво ДНУ, 2007. С. 236–239.
7. Канарський Ю., Царик І. Біоіндикаційна роль денних лускокрилих (Lepidoptera, Papilionoidea) у дослідженні трансформаційних процесів рослинного покриву заповідних територій. *Вісник Львів. університету. Серія біологія*. 2002. Вип. 29. С. 85–92.
8. Кемп П., Армс К. *Введение в биологию*. Москва : Мир, 1988. 671 с.
9. Звягинцев А.М., Блюм О.Б., Глазкова А.А., Котельников С.Н. и др. Загрязнение воздуха на Европейской части России и в Украине в условиях жаркого лета 2010 года. *Известия РАН. ФАО*. 2011. Т. 47, № 6. С. 757–766.

References:

1. Davies, L., Bates, J.W., Bell, J.N.B. et al. (2007). Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. *Environmental Pollution*, no. 146, pp. 299–310.
2. Geebelen, W., & Hoffman, M. (2001). Evaluation of bio-indication methods using epiphytes by correlating with SO₂-pollution parameters. *Lichenologist*, no. 33(3), pp. 249–260.
3. Giordani, P. (2007). Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study from Italy. *Environmental Pollution*, no. 146, pp. 317–323.
4. Herben, T., & Liska, J. (1986). A simulation study on the effect of flora composition, study design and index choice on the predictive power of lichen bioindication. *Lichenologist*, no. 18, pp. 349–362.
5. Otnyukova, T.N., Dutbaeva, A.T., & Zhizhaev, A.M. (2012). Osobennosti bioraznoobraziya epifitnogo pokrova i elementnogo sostava drevesnogo substrata i mkhov v usloviyakh razlichnogo urovnya zagryazneniya [Features of the biodiversity of the epiphytic cover and the elemental composition of the wood substrate and mosses under conditions of various levels of pollution]. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, no. 3(71), pp. 85–90.
6. Boychuk, Yu.D. (2007). Bioriznomanittya ta rol' tvaryn v ekosystemakh [Biodiversity and the role of animals in ecosystems] Proceedings of the IV International Scientific Conference. Dnipropetrovsk (Ukraine. Dnepropetrovsk, May 17-20, 2007), DNU Publishing House.
7. Kanarsky, Y. (2002). Bioindykatsiyna rol' dennnykh luskokrylykh (Lepidoptera, Papilionoidea) u doslidzhenni transformatsiynykh protsesiv roslynnoho pokryvu zapovidnykh terytoriy [Bioindication role of Lepidoptera, Papilionoidea in the study of transformation processes of vegetation of protected areas] *Herald of Lviv. the university. Series Biology*. Lviv, vol. 29, pp. 85–92.
8. Kemp, P., & Arms, K. (1988). *Vvedeniye v biologiyu* [Introduction to biology]. Moscow : Mir. (in Russian)
9. Zvyagintsev, A.M., Blum, O.B., Glazkova, A.A., Kotelnikov, S.N. et al. (2011). Zagryazneniye vozdukha na Yevropeyskoy chasti Rossii i v Ukraine v usloviyakh zharkogo leta 2010 goda [Air pollution in the European part of Russia and in Ukraine during the hot summer of 2010]. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. FAO*, vol. 47, no. 6, pp. 757–766.