

- В. Н. Ващенко, А. А. Гудима, Т. В. Герасименко, Т. В. Габляя, И. Л. Козлов. – Чернобыль: Ин-т проблем безпеки АЕС НАН України, 2012. – 280 с.
3. Щодо Плану дій з виконання цільової позачергової перевірки та подальшого підвищення безпеки АЕС України з урахуванням подій на Фукусіма-1 [Текст] / Колегія Держатомрегулювання, № 2 від 19.05.11 р.
 4. Национальный отчет по результатам проведения «стресс-тестов» оценки безопасности АЭС Украины [Текст] / ГИЯРУ, 2011.
 5. Скалозубов, В. И. Научно-технические основы мероприятий повышения безопасности АЭС с ВВЭР [Текст] / В. И. Скалозубов, А. А. Ключников, Ю. А. Комаров, А. В. Шавлаков. – Чернобыль: ИПБ АЭС НАНУ, 2010. – 200 с.
 6. Громов, Г. В. Результаты экспертной оценки стресс-тестов действующих энергоблоков АЭС Украины с учетом уроков аварии на АЭС «Фукусима-1» в Японии [Текст] / Г. В. Громов, А. М. Дыбач, О. В. Зеленый и др. // Ядерная и радиационная безопасность. – 2012. – № 1 (53). – С. 3–9.
 7. Скалозубов, В. И. Комплекс методов переоценки безопасности атомной энергетики Украины с учетом уроков экологических катастроф в чернобыле и Фукусиме [Текст] / В. И. Скалозубов, Г. А. Оборский, И. Л. Козлов и др. – Одесса: Астопринт, 2013. – 244 с.
 8. Рекомендации по оценке характеристик смерча для объектов использования атомной энергии [Текст] / Руководства по безопасности РБ-022-01. – Госатомнадзор России, 2002.
 9. Васильченко, В. Н. Моделирование аварий на ядерных энергетических установках атомных электростанций [Текст] / В. Н. Васильченко, Е. З. Емельяненко, В. И. Скалозубов и др. – Одесса: Резон, 2002. – 466 с.
 10. Дополнительные материалы анализа безопасности Запорожской АЭС [Текст] / "Энергопроект", 1999.
 11. Скалозубов, В. И. Анализ причин и последствий аварии на АЭС Fukushima как фактор предотвращения тяжелых аварий в корпусных реакторах [Текст] / В. И. Скалозубов, А. А. Ключников, В. Н. Ващенко, С. С. Яровой. – Чернобыль: Ин-т проблем безпеки АЕС НАН України, 2012. – 280 с.

Здійснено визначення комплексу полютантів та фактичні джерела забруднення атмосферного повітря м. Суми. Визначені рослини-індикатори відповідно до біоіндикаційного ряду чутливості деревних культур. Розраховано інтегральний показник асиметрії листової пластинки для ділянок з різним рівнем техногенного навантаження в умовах зміни промислової інфраструктури міста. Здійснено дослідження значень показника рН кори дерев, що відносяться за своїми властивостям до видів з бідною корою

Ключові слова: атмосферне повітря, промислова інфраструктура, забруднювачі, експрес-оцінка, біоіндикація, асиметрія, листя, кора

Проведено определение комплекса загрязнителей и фактических источников загрязнения атмосферного воздуха г. Сумы. Определены растения-индикаторы в соответствии с биоиндикационным рядом чувствительности древесных культур. Рассчитан интегральный показатель асимметрии листовой пластинки для участков с разным уровнем техногенной нагрузки в условиях изменения промышленной инфраструктуры города. Проведено исследование значений показателя рН коры деревьев, относящихся по своим свойствам к видам с бедной корой

Ключевые слова: атмосферный воздух, промышленная инфраструктура, загрязнители, экспресс-оценка, биоиндикация, ассиметрия, листья, кора

УДК 574.52:573.58

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.43753

ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ЕКСПРЕС- ОЦІНКИ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УМОВАХ ЗМІНИ ПРОМИСЛОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕГІОНУ

Д. Л. Пляцук

Асистент

Кафедра прикладної екології

Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2,

м. Суми, Україна, 40007

E-mail: plyacuk@teko.sumy.ua

1. Вступ

На сьогодні все більшої актуальності набуває проблематика якісної експрес-оцінки рівня забруднен-

ня компонентів довкілля. Оцінювати якість навколишнього середовища, ступінь її сприятливості для людства необхідно, передусім, з метою: визначення стану природних ресурсів; розробки стратегії раціо-

нального використання регіону; визначення гранично допустимих навантажень для будь-якого регіону; вирішення питання про вплив певного підприємства; оцінки ефективності природоохоронних заходів; створення рекреаційних і заповідних територій. Жодне з цих питань не може бути об'єктивно вирішене лише на рівні розгляду формальних показників, а вимагає проведення спеціальної різнобічної оцінки якості середовища проживання, тобто необхідна інтегральна характеристика її стану, біологічна оцінка. У зв'язку з чим відбувається широке впровадження методів біоіндикації та інтенсивний розвиток їх методологічного забезпечення. Біоіндикація є досить ефективною при оцінці екологічного стану території, оскільки живі системи дуже чутливі до змін зовнішнього середовища і мають властивість реагувати раніше, ніж ці зміни стануть очевидними. Переваги біоіндикаторів полягає в тому, що вони підсумовують всі біологічно важливі дані про навколишнє середовище і відображають її стан в цілому; усувають важке завдання застосування дорогих методів дослідження; виключають неможливість реєстрування залпових і короткочасних викидів токсикантів; вказують шляхи та місця скупчення в екосистемах різного роду забруднень; дозволяють судити про ступінь шкідливості речовин для живої природи.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Для цілей біомоніторингу можуть використовуватися тільки ті види живих організмів, які відповідають вимогам, що застосовуються до біоіндикаторів [1].

Порогові концентрації політантів, що впливають на рослинні і тваринні організми, у більшості випадків істотно відрізняються [2]. Практика використання існуючих нормативів ГДК базується на реакціях тваринних організмів, однак рослини у ряді випадків виявляються чутливішими сенсорами [3]. Оцінка повітряного середовища, або інтегральна оцінка якості середовища проживання живих організмів, проводяться за станом вищих деревних і трав'янистих форм рослин. Листя у них формуються кожен рік, що дозволяє проводити щорічний моніторинг; багато видів мають масове поширення і чітко виражені ознаки, за якими можливо проводити дослідження. Нарешті, аналіз рослини у складі зелених насаджень міста надає можливість визначення реакцій відгуку, визначення міри впливу забруднення атмосферного повітря на екосистему.

Для оцінки повітряного середовища, або інтегральної оцінки якості середовища проживання живих організмів в біоіндикації в якості рослин-індикаторів використовують лишайники [4] та різні судинні рослини (сосна, береза, тополя тощо) [5, 6]. Дуже поширеним є застосування ліхеноіндикації внаслідок таких характеристик лишайників [7]: швидка акумуляція токсичних речовин викликає виразні анатомо-морфологічні зміни в талломах, які легко визначаються; широка розповсюдженість, причому кожен вид приурочений до певного місця зростання; дуже висока чутливість до забруднень. Але є значний недолік при застосуванні їх як рослин-індикаторів для біоіндикації забруднень від стаціонарних джерел. Адже такі забруднення викидаються на значній висоті 5–20 м і більше, що спричиняє

перенесення їх потоками повітря і осадження на листі та верхній частині стовбурів деревних порід, що відносяться до верхнього ярусу рослинності. А вже після акумуляції токсикантів у судинних рослинах (деревах) відбувається їх часткове попадання на нижній ярус і відповідно акумуляція у різних видах лишайників. Крім того, рослини-індикатори не повинні бути занадто чутливими і занадто інертними до забруднення. Необхідно, щоб вони мали достатньо тривалий життєвий цикл і невисоку здатність до авторегуляції. У більшості дослідженнях [4, 7] ліхеноіндикація використовується для оцінки забруднення атмосфери від автомобільного транспорту. Але при комплексній та системній оцінці стану атмосферного повітря в регіоні при сумісній дії різних джерел антропогенного впливу, в першу чергу виробничих потужностей, необхідно використовувати рослини-індикатори з верхнього ярусу рослинності, які найбільш поширені у досліджуваній місцевості з достатньо високим рівнем чутливості до забруднення. Крім того складання ліхеноіндикаційних карт міст не дозволяє пояснити причини пригнічення розвитку флори рослин. В умовах складного забруднення атмосфери, при спільному впливі вихлопних газів автотранспорту, політантів хімічного заводу, пилу золівдвалів важко зробити висновок про домінування окремого виду забруднювачів на основі ліхеноіндикації, що підтверджено у роботі [8].

3. Мета і завдання дослідження

Мета роботи – інтегральна експрес-оцінка якості середовища проживання живих організмів по флюктуючій асиметрії в умовах змін промислової інфраструктури регіону з використанням судинних рослин верхнього ярусу (деревостан).

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

- вибрати рослини-індикатори для біотестування рівня забрудненості атмосферного повітря;
- дослідити вплив об'єктів промислової інфраструктури на рівень забрудненості атмосферного повітря;
- провести дослідження динаміки флюктуаційної асиметрії деревних порід м. Суми.

4. Біотестування рівня забрудненості атмосферного повітря міста Суми

4. 1. Методи дослідження

В дослідженнях була використана система морфологічних ознак для листя деревних культур згідно з методикою «Біотест» [9].

Вивчення рослинних угруповань виконується у відповідних тест-точках та будуються відповідні біоіндикаційні ряди чутливості деревних культур. При цьому враховувалося, що рослини, які можна використати як індикаторні, повинні відповідати наступним вимогам: широка екологічна амплітуда; широкий ареал поширення; низька спонтанна частота прояву ознаки, що враховується.

Дослідження проводили у м. Суми, де техногенний вплив, зокрема обумовлений забрудненням атмосфе-

ри, досягається за рахунок викидів забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел. На першому етапі визначався комплекс забруднюючих речовин, вибиралися пріоритетні полутанти, виявлялися фактичні джерела забруднення, коригувалася мережа спостережних пунктів. Розміщення спостережних пунктів здійснювали відповідно до розташування основних джерел-забруднювачів, відповідно до територіального поділу міста (ПАТ «Сумхімпром», ВАТ «Сумське НВО ім. М. В. Фрунзе», ТОВ «Сумітеплоенерго»). На території міста Суми і в його околицях для аналізу були узяті вибірки листя берези бородавчастої з тестових точок з різним техногенним навантаженням. При цьому уся територія міста була умовно розмежована на 9 експериментальних ділянок (північно-західну, північну, північно-східну, східну, південно-східну, південну, південно-західну, західну і центральну), що дозволило порівнювати багаторічні ці рози вітрів і зон розсіювання від об'єктів промислової інфраструктури з показниками стану листової пластинки рослин-біоіндикаторів.

Крім того, в якості контрольної ділянки в період досліджень розглядалися показники розвитку берези бородавчастої за межами міста, в зоні з мінімальним техногенним навантаженням.

Загальний об'єм відібраного матеріалу приведений в табл. 1.

Таблиця 1

Загальний об'єм відібраного матеріалу берези бородавчастої

Вид досліджуваної території	Узято проб	Кількість листя
Експериментальні ділянки	110	9800
Контрольні точки	25	2300
Всього	135	12100

Після відбору тест-об'єктів на експериментальних ділянках статистично оцінювалася величина флуктуаційної асиметрії листової пластинки за допомогою інтегрального показника – величини середньої відносної відмінності на ознаку (відношення різниці до суми промірів листа з лівого та правого боку, віднесені до кількості ознак:

$$I_A = I_0 \cdot \frac{(A - B)}{(A + B)}, \tag{1}$$

де I_A – інтегральний показник асиметрії; I_0 – абсолютна величина; A, B – значення ознаки з лівої та правої сторони листової пластинки відповідно.

Контроль значень показника рН кори деревних порід проводився за допомогою рХ-метр рХ-150 (іонометр) (Білорусь) з електродом скляним комбінованим «ЕКС-10603».

Такий інтегральний показник дає можливість порівняння та усереднення значень ознак з різною абсолютною величиною, а також порівняння ознак, що виражаються лінійними та кутковими одиницями.

4. 2. Дослідження впливу виробничих потужностей на рівень забруднення атмосферного повітря

Вплив урбанізованої території міста Суми на довкілля значною мірою визначається розвитком про-

мисловості і виробничої інфраструктури. Промислове виробництво, в силу своєї специфіки, є одним з найбільш суттєвих джерел забруднення атмосферного повітря. На його частку припадає близько 48% від загальної кількості викидів по м. Суми. Головною особливістю стаціонарних джерел забруднення є те, що їх викиди в атмосферу відбуваються на великій висоті. У зв'язку з цим, викиди забруднюючих речовин від таких джерел можуть поширюватися на великі відстані і охоплюють значні території – залежно від висоти. Накладаючись одна на одну, ці зони можуть утворювати області стійких забруднень в промислових районах міст. У структурі індустріального виробництва м. Суми провідні позиції займають паливно-енергетична, хімічна галузі, машинобудування, металообробка і харчова промисловість, зосереджені в північно-східному, центральному, східному і південно-східному районах міста [10].

За даними Сумського обласного центру з гідрометеорології загальний рівень забруднення атмосферного повітря за останні роки по деяких шкідливих речовинах в м. Суми стабілізувався, але залишається підвищеним. Так, середній вміст пилу, формальдегіду, діоксиду азоту в повітрі міста в 2014 р. дорівнював 1,3 ГДК; середній вміст інших інгредієнтів в атмосферному повітрі нижче санітарних норм. Високих рівнів забруднення атмосферного повітря в м. Суми в останні роки не спостерігалось. Дані наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Середні і максимальні концентрації забруднюючих речовин (у кратності ГДК) в атмосферному повітрі м. Суми

Забруднююча речовина	Середньо річна концентрація	Максимально разова середньорічна концентрації
пил	1,3	1,0
діоксид сірки	0,5	0,1
розчинні сульфати	0,02 мг / м ³ *	0,04мг / м ³ *
оксид вуглецю	0,67	1,4
діоксид азоту	1,25	1,6
оксид азоту	0,33	0,2
аміак	0,5	0,15
формальдегід	1,3	0,3

Примітка: * – для розчинних сульфатів ГДК не розроблена, тому дані наведені в мг/м³

Рівень забруднення атмосферного повітря в м. Суми не знижується, а лише змінюється за складом. Аналіз викидів різних підприємств м. Суми виявив групи сумачії забруднюючих речовин, у зв'язку з чим була розрахована кратність перевищення концентрації домішок над ГДК. Середня забрудненість атмосфери міста знаходиться на рівні 0,9 ГДК. У дещо більшому ступені забруднений район, що знаходиться в зоні впливу об'єкту енергетичного профілю і поблизу вулиць з інтенсивним рухом автотранспорту в північній частині міста. Тут середньорічна концентрація за основними забруднюючими речовинами за 2014 рік досягла рівня 1,6 ГДК.

В ході дослідження був проведений аналіз впливу об'єктів виробничої інфраструктури, які вносять найбільший вклад у величину сумарного забруднення

атмосфери, за період 1980–2014 рр. За період з 1980 по 1985 роки, провідну роль в показниках розвитку промислової інфраструктури міста займали підприємства хімічного і машинобудівного профілю, а також чорній металургії, що впливало і на характер забруднення атмосферного повітря м. Суми. Так, валові викиди забруднюючих речовин за цей період від об'єкту хімічної промисловості склали в середньому 11,8 тис. т/рік, від металургійних підприємств – 9,5 тис. т/рік. Також вклад в сумарне забруднення вносили підприємства легкої промисловості. Проте починаючи з 1986 року показники роботи і техногенне навантаження від об'єктів промислової інфраструктури вказаних профілів істотно знизилися в результаті часткового зменшення виробничих потужностей або закриття технологічних ліній підприємств, які визначали сумарну динаміку викидів в атмосферу. Так, наприклад, доля внеску підприємств металургійного профілю складала біля ¼ від загальної кількості викидів від стаціонарних джерел в 1985 році і 1,5 % в 2009 році. При цьому з 1990 по 1996 року, а також з 2005 по 2010 року спостерігається поступове збільшення викидів в атмосферу від об'єктів паливно-енергетичного комплексу, що пов'язано зі збільшенням виробничих потужностей, а також частковим використанням вугілля в якості палива. З 2008 року спостерігається збільшення показників роботи підприємств харчової промисловості, які, втім, вносять незначний вклад в забруднення атмосферного повітря м. Суми. Підсумкова динаміка впливу стаціонарних об'єктів на стан атмосфери в м. Суми приведена в табл. 3.

4. 3. Дослідження динаміки флюктуаційної асиметрії деревних порід міста Суми

На рис. 1 представлений біоіндикаційний ряд чутливості деревних культур, в якому представлені спектр найбільш поширених місцевих деревних насаджень.

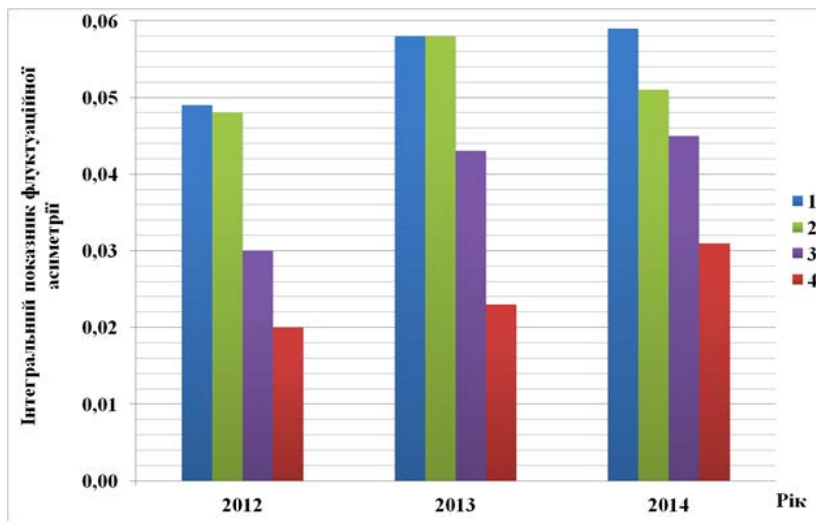


Рис. 1. Біоіндикаційний ряд чутливості деревних культур м. Суми: 1 – береза; 2 – верба; 3 – клен; 4 – тополя

Були проведені дослідження біоіндикаційних властивостей наступних деревних культур: береза бородавчата – *Betula pendula* Roth, верба біла – *Salix alba* L., клен гостролистий – *Acer platanoides* L., тополя пірамідальна – *Populus pyramidalis* Borkh. Вивчення біоіндикаційних властивостей деревних культур дозволяє виділити березу бородавчату в якості ефективного біоіндикатора, а найбільш стійкою до змін якості навколишнього середовища є тополя пірамідальна. Середній інтегральний показник флюктууючої асиметрії для берези бородавчатої становить $0,054 \pm 0,003$, що говорить про наближення екологічного стану до перед критичного рівня.

Таблиця 3

Динаміка впливу об'єктів промислової інфраструктури на забруднення повітря м. Суми

№ з/п	Профілізація об'єкту промислової інфраструктури	Характер впливу викидів в атмосферне повітря («+» – значний, «-» – незначний)					
		1980–1985	1985–1990	1990–1995	1995–2000	2000–2005	2005–2014
1	Хімічна промисловість	+	+	-	-	+	+
2	Машинобудівна галузь	+	+	-	-	+	-
3	Чорна металургія	+	+	-	-	-	-
4	Легка промисловість	+	-	-	-	-	-
5	Харчова галузь	-	-	-	-	-	-
6	Паливно-енергетичний комплекс	-	-	+	-	+	+

Результати проведеного аналізу дозволяють стверджувати, що сьогодні значне техногенне навантаження на довкілля території м. Суми в цілому, і на якість атмосферного повітря зокрема, створюють, передусім, підприємства хімічного профілю, а також об'єкти паливно-енергетичного комплексу.

ввання викидів від об'єктів промислової інфраструктури, а також високим транспортним навантаженням. Максимальний показник асиметрії берези бородавчатої відмічено у північно-східній експериментальній ділянці, що пояснюється викидами від об'єкту хімічної галузі промисловості. Це дозволяє простежити тен-

денцію переходу якості навколишнього середовища зі стану «передкритичного» в стан «критичний». Високі значення показника стабільності розвитку для берези бородавчатої і верби білої, порівняно з іншими культурами, досліджуваними на ділянках міста з найбільшим антропогенним навантаженням, дозволяє відзначити їх як більш чутливих біоіндикаторів.

Протягом проведеного дослідження інтегральний показник збільшувався протягом трьох років (у 2012 році – 0,048; у 2013 – 0,058; у 2014 – 0,059), що пояснюється зміною обсягів виробництва для даного об'єкту виробничої інфраструктури. Відносно сприятливі умови за величиною показника асиметрії спостерігаються у західній та північно-західній ділянках (0,045–0,049).

В цілому для території міста згідно отриманих результатів дослідження було здійснено порівняння показників асиметрії листової пластинки берези бородавчатої з даними розсіювання політантів від стаціонарних джерел у приземному шарі атмосфери. Було виявлено, що середній та високий рівень інтегрального показника порушення стабільності розвитку спостерігаються в районах міста з підвищеною концентрацією оксидів азоту та двоокису сірки, що дозволяє стверджувати про формування ділянок екологічного ризику, обумовлених забрудненням атмосфери. Крім того, для ознайомлення з розподілом токсичних речовин на території Сум була взята кора дерев, що відносяться за своїми властивостям до видів з бідною корою (сосна, береза) й визначено її значення рН (рис. 2).

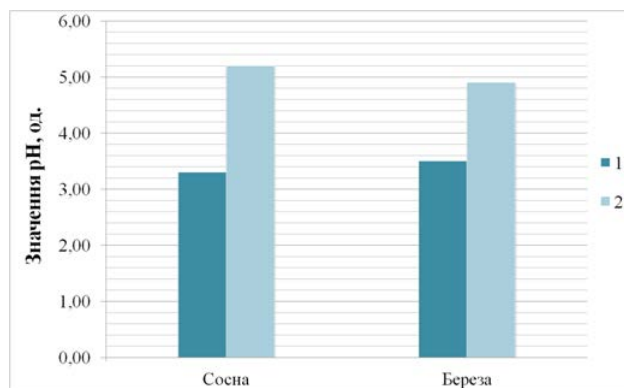


Рис. 2. Зміна значень показника рН кори дерев:
1 – контрольна зона; 2 – місто

Виявилося, що на більшій частині досліджуваної території міста спостерігається підвищення рН кори дерев у порівнянні з корою тих же порід на території паркової зони, що взята за контрольну.

Таким чином, підвищення рН кори дерев пов'язано з лужним забрудненням атмосфери, яке обумовлюють катіони металів, що осаджуються на рослини з атмосферного пилу, разом з опадами, з вихлопними газами автотранспорту, що містять значну кількість свинцю. Вплив даних політантів на рН кори дерев спричинило збіднення ліхенофлори міста.

5. Застосування біоіндикації в системі моніторингу атмосферного повітря

Цілком очевидно, що оцінка екологічної обстановки на території в ході формування ефективної системи

державного екологічного моніторингу неможлива без використання методів біодіагностики якості навколишнього середовища. Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати, що в інтервалі 2012–2014 р. відбувалося посилення антропогенного пресингу в місті. Відповідні реакції всіх деревних культур є практично однаковими – посилюються значення флуктуючої асиметрії листя всіх обраних деревних культур. Вивчення біоіндикаційних властивостей деревних культур дозволило визначити, що береза бородавчата є найбільш доцільною у використанні в якості чутливого біоіндикатора, а найбільш стійкою до змін якості навколишнього середовища є тополя пірамідална, що відповідає даним попередніх дослідників.

У холодну пору року система біологічної індикації малоефективна, тому для проведення досліджень потрібно використовувати хіміко-аналітичні методи визначення якості атмосферного повітря. Однак простота методів оцінки екологічної обстановки методами біоіндикації, відсутність потреби в спеціальному інструментальному забезпеченні є їх безперечними перевагами для застосування в системі екологічного моніторингу.

Прогностична біоіндикаційна оцінка можливого ризику в умовах зміни промислової інфраструктури урбанізованих територій, проведена на основі даних, отриманих в результаті біомоніторингу, дозволяє розробити ряд управлінських рішень і заходів із зниження величини показника екологічного ризику при збільшенні техногенного навантаження.

6. Висновки

За результатами досліджень була здійснена інтегральна експрес-оцінка якості атмосферного середовища по флуктуючій асиметрії судинних рослин верхнього ярусу в умовах змін промислової інфраструктури регіону. Були визначені найбільш оптимальні рослини-індикатори забруднення атмосфери міста відповідно до біоіндикаційного ряду чутливості деревних культур. Детальний аналіз біоіндикаційних властивостей деревних культур, дозволяє вибудувати їх у наступний біоіндикаційний ряд: береза бородавчата > клен гостролистий > верба біла > тополя пірамідална.

Встановлено, що середній інтегральний показник флуктуючої асиметрії для берези бородавчатої становить $0,054 \pm 0,003$, це говорить про наближення екологічного стану атмосферного повітря до перед критичного рівня.

Відповідно, здійснення біоіндикації саме на деревних породах є найбільш раціональним та ефективним для комплексної оцінки стану забруднення атмосферного повітря урбанізованого середовища.

Література

1. Мелехова, О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование [Текст] / О. П. Мелехова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
2. Иванов, М. В. Биогеохимические основы экологического нормирования [Текст] / М. В. Иванов, В. Н. Башкин. – М., 1993. – 304 с.

3. Касимов, Н. С. Эколого-геохимические оценки городов [Текст] / Н. С. Касимов, В. В. Батоян, Т. М. Белякова и др. // Вестник Московского университета, серия географии. – 1990. – № 3. – С. 3–12.
4. Романова, Е. В. Лишайники – биоиндикаторы атмосферного загрязнения г. Кемерово [Текст] / Е. В. Романова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2012. – № 4 (20). – С. 203–214.
5. Неверова, О. А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды [Текст] / О. А. Неверова // Биосфера. – 2009. – Т. 1, № 1. – С. 82–92.
6. Луцкан, Е. Г. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города алдана на основе анали за флуктуирующей асимметрии березы плосколистной [Текст] / Е. Г. Луцкан, Е. Г. Шадрин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 8. – С. 139–141.
7. Суханова, І. П. Лехіоіндикація якості повітряного середовища дендропарку «Софіївка» НАН України [Текст] / І. П. Суханова // Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди. Біологія та валеологія. – 2012. – Вип. 14. – С. 162–170.
8. Bargagli, R. Lichen biomonitoring of mercury emission and deposition in mining, geothermal and volcanic areas of Italy [Text] / R. Bargagli, C. Barghigiani // Environmental Monitoring and Assessment. – 1991. – Vol. 16, Issue 3. – P. 265–275. doi: 10.1007/bf00397614
9. Экологический мониторинг. Методы биомониторинга [Текст] / под ред. Д. Б. Гелашвили. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 1995. – Ч. I. – 190 с.; Ч. II. – 464 с.
10. Бюлетень Державного управління статистики в Сумській області за 2012 р. [Текст] / Суми, 2013. – 39 с.

Досліджено процеси трансформації азоту у біоінженерних ставках з горизонтальним підповерхневим потоком. Запропоновано технологічне рішення для інтенсифікації процесу очищення стічних вод у даних системах. Зокрема вивчено роль анамокс процесу у біоінженерних ставках, а також досліджено вплив внесення додаткової біомаси анамокс бактерій на ефективність видалення азоту зі стічних вод

Ключові слова: очищення стічних вод, біоінженерні ставки, видалення азоту, інтенсифікація процесу, анамокс

Исследованы процессы трансформации азота в биоинженерных прудах с горизонтальным подповерхностным потоком. Предложено технологическое решение для интенсификации процесса очистки сточных вод в данных системах. В частности изучена роль анамокс процесса в биоинженерных прудах, а также исследовано влияние внесения дополнительной биомассы анамокс бактерий на эффективность удаления азота из сточных вод

Ключевые слова: очистка сточных вод, биоинженерные пруды, удаление азота, интенсификация процесса, анаммокс

UDC 628.357.4

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.42451

ENHANCING EFFICIENCY OF NITROGEN REMOVAL FROM WASTEWATER IN CONSTRUCTED WETLANDS

O. Shved

Graduate student*

E-mail: oleksa.shved@gmail.com

R. Petrina

PhD, Associate professor*

E-mail: rpetrina@i.ua

V. Chervetsova

Candidate of biological science, Associate professor*

E-mail: chervetsova@mail.ru

V. Novikov

Doctor of chemical sciences,

Professor, Head of the department*

E-mail: vnovikov@polynet.lviv.ua

*Department of Biologically Active Substances,

Pharmacy and Biotechnology

Lviv Polytechnic National University

Bandery Str., 12, Lviv, Ukraine, 79013

1. Introduction

Scientific research on the use of wetland plants for wastewater treatment started in the early 1950s in Germany. Already in the late 1960s the first full scale constructed wetlands (CWs) were built. Since then these systems have

widely spread all over the world as a low cost, energy efficient and easy to operate engineered systems for sustainable wastewater treatment.

Horizontal subsurface flow (HSSF) CWs are one of the most popular, reliable and efficient near-natural wastewater treatment systems applied around the world