

7. Khyh'chevskyy V.K., Chebot'ko K.A. Otsenka ekoloho-hydrokhymycheskoho sostoyanyya pryrodnykh vod Ukrainy / V.K. Khyh'chevskyy, K.A. Chebot'ko. — K.: Vodn. resursy, #1, 2008. — s. 182-188.
8. Khimko R. Metodyka otsinky stanu richky za testom. Instytut ekolohiyi (INEKO) Natsional'noho ekolohichnoho tsentru Ukrainy./ R. Khimko. — UkrNDIVER, 1999. — 260 s.
9. Tsaryk L.P., Vitenko I.M. Neoekolohichna sytuatsiya dolyny richky Hnizna. / L.P. Tsaryk, I.M. Vitenko // Naukovi zapysky. Seriya: Neohrafiya. — Ternopil': TNPU im. V. Hnatyuka, 2007. # 1. — S. 192-198.

Резюме:

Н. Стецько. ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЧКИ СЕРЕТ В МЕЖАХ ТЕРЕБОВЛЯНСЬКОГО РАЙОНУ.

Розглянуто ландшафтно-екологічну ситуацію в долині річки Серет в межах Теробовлянського району. Досліджено гідрологічні характеристики, розташування, притоки річки Серет. Охарактеризовано основні класів ландшафтів, які представлені в долині річки та вздовж прилеглих до неї територій, це природні та антропогенно змінені ландшафти із характерними процесами ерозії ґрунтів т ін. негативними явищами. Проаналізовано гідрологічний, гідробіологічний, гідрохімічний та санітарно-біологічний режим річки, та основні причини надмірного забруднення долини річки Серет та її русла. Проведена інтегральна і комплексна оцінка води за основним забруднювачами (11) у річці Серет, в межах Теробовлянського району, на відтинку 88 км по п'ятьох точках спостереження. Визначено ділянку русла де найвищий рівень забруднення води річки, та основні причини такої екологічної ситуації. Визначено і найменший показник забруднення в межах досліджуваної ділянки річки. З метою збереження водного об'єкта від подальшого, антропогенного навантаження, запропоновано заходи по збереженню та відтворенню природних класів ландшафтів в долині річки Серет, та очищення русла річки від комунальних, промислових стоків, побутового сміття.

Ключові слова: долина річки, екологічний стан, ландшафтно-екологічні дослідження, інтегральна і комплексна оцінка води.

Аннотація:

Н. Стецько. ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ Р.СЕРЕТ В ГРАНИЦАХ ТЕРЕБОВЛЯНСКОГО РАЙОНА.

Рассмотрено ландшафтно экологическую ситуацию в долине реки Серет в пределах Теробовлянского района. Исследовано гидрологические характеристики, расположения, притоки реки Серет. Охарактеризованы основные классы ландшафтов, которые представлены в долине реки, а также в прилегающих к ней территориях, это естественные и антропогенные измененные ландшафты с характерными процессами эрозии почв та другими негативными явлениями. Проанализирован гидрологический, гидробиологический, гидрохимический, санитарно- биологический режим реки, основные причины избыточного загрязнения долины реки Серет и ее русла. Проведена интегральная и комплексная оценка воды по основным загрязнителям (11) в реке Серет, в пределах Теробовлянского района, на отрезке 88 км по пяти точках наблюдения. Определенно участок русла, где наивысший уровень загрязнения воды реки, и основные причины такой экологической ситуации. Определен и наименьший показатель загрязнения в пределах исследуемого участка реки. С целью сохранения водного объекта от последующих антропогенных загрязнений, предложены мероприятия по сохранению и воссоздания естественных классов ландшафтов в долине реки Серет, очистки русла реки от коммунальных, промышленных стоков, бытового мусора.

Ключевые слова: долина реки, экологическое состояние, ландшафтно-экологические исследования, интегральная и комплексная оценка воды.

Надійшла 20.10.2017р.

УДК 504.064

Людмила ГРИЦАК, Ірина БАРНА, Ірина КОДЛЮК, Ірина СЕЛЬСЬКА,
Юлія СПЛАВІНСЬКА, Христина СУКАР, Сергій БАРНА

БІОІНДИКАЦІЙНІ МЕТОДИ ДЛЯ ПОТРЕБ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ

Розглянуто підходи до реалізації системного аналізу якості навколишнього середовища з позиції біоіндикації. Проаналізовано досвід та досягнення вчених в галузі біоіндикації для потреб оцінки якості атмосферного повітря, ґрунтів та водойм. Встановлено особливості різних видів біогеохімічної індикації атмосферного повітря в залежності від типу техногенного забруднення. Запропоновано результати біоіндикаційного дослідження р. Ценівки для оцінки якості води.

Ключові слова: системний аналіз якості довкілля, біоіндикаційні методи дослідження, біоіндикація, рослини-біоіндикатори, біоіндикаційне діагностування.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сьогодні все більшої актуальності набуває проблематика якісної експрес-оцінки

рівня забруднення компонентів довкілля. Оцінювати якість навколишнього середовища, ступінь її сприятливості для людства необхід-

но, передусім, з метою: визначення стану природних ресурсів; розробки стратегії раціонального 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. В цьому контексті доцільним є застосування системного аналізу якості середовища, який дозволяє відтворити цілісну картину досліджуваних явищ. Це виражається, перш за все, в розгляді об'єкта дослідження як системи, а її компонентів – через призму розуміння, що властивості системи як цілого складаються не з суми властивостей її компонентів, узятих порізно, а породжуються взаємодією компонентів (т. зв. емерджентність). До прикладу, земельні ресурси території необхідно розглядати спільно з водними ресурсами, оскільки від водного режиму ґрунтів безпосередньо залежить їх родючість. Водні ресурси не доцільно розглядати окремо від лісових ресурсів, оскільки ступінь заліснення території помітно впливає на гідрологічний режим.

У зв'язку з цим відбувається широке впровадження методів біоіндикації та інтенсивний розвиток їх методологічного забезпечення. Біоіндикація є досить ефективною при оцінці якості довкілля, оскільки живі системи дуже чутливі до змін зовнішнього середовища і мають властивість реагувати швидше, ніж ці зміни стануть очевидними. Перевагою біоіндикації є те, що організми-біоіндикатори підсумовують всі біологічно важливі відомості про навколишнє середовище і відображають його стан в цілому; усувають необхідність застосування дорогих методів дослідження; уможливають 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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біоіндикація є методом оцінки абіотичних і біотичних чинників середовища за реакцією живих організмів (або біологічних систем).

Історія біоіндикації сягає сивої давнини. Перші записи про рослини-індикатори є в працях Теофраста (IV-III ст. до н. е.). За видовою приналежністю рослин та їх зовнішнім

виглядом люди визначали родючість ґрунтів, знаходили воду, руди. Перші згадки з даної тематики знаходимо ще у античних вчених Катона і Плінія Старшого (234-149 рр. до н. е.), які звернули увагу на зв'язок зовнішнього вигляду рослин з умовами їх зростання.

Ідею біоіндикації за допомогою рослин сформулював ще в I ст. до н. е. Колумелла: «Хорошому господарю належить... за листям дерев, травою чи за достиглими плодами судити про властивості ґрунту і знати, що може на ній добре рости» [3]. Цей напрямок, нині отримав назву ландшафтної біоіндикації і успішно використовується з практичною метою.

Основоположником біоіндикації, оцінки властивостей ґрунтів і підстилаючих гірських порід за особливостями розвитку рослин і складу рослинного покриву безперечно вважають О. П. Карпінського (1841). У своїх працях він вказав про можливість рослинної біоіндикації, у тому числі, для складання геологічних карт. Наприклад, ґрунтові мікроорганізми і індикаторні рослини служать при пошуках різних корисних копалин. Також в працях М. В. Ломоносова і О.М.Радищева («Опис моїх угідь») є згадки про рослини-індикатори особливостей ґрунтів, гірських порід, підземних вод [3].

За словами Кашина В., Іванова Г. (1980), «рослини є високоінформативним індикатором рівня доступних форм хімічних елементів у навколишньому середовищі і основним джерелом їх для людини і тварин. У зв'язку з цим вони становлять великий інтерес як ефективні об'єкти екологічного моніторингу забруднення довкілля» та визначення якості навколишнього середовища.

Найбільший внесок в розвиток біоіндикації вніс російський вчений-ґрунтознавець В.В. Докучаєв. Серед сучасників значний інтерес викликають праці Е. Якушиної (1990), яка встановила як за комплексом ґрунтових тварин можна визначити типи ґрунтів і їх зміни під впливом господарської діяльності людини.

У. Мэнинг и У.Федер (1985) визначають рослину-індикатор як «рослину, у якої ознаки пошкодження проявляються внаслідок впливу на неї фітотоксичної концентрації однієї забруднюючої речовини чи суміші таких речовин. Індикаторними можуть бути також ті рослини, які акумулюють в тканинах забруднюючі речовини чи продукти метаболізму, які формуються в результаті взаємодії рослини й забруднюючої речовини.

На сьогодні доцільно говорити не тільки про наявність або відсутність фактора, але і про ступінь його впливу на природний комп-

лекс. За допомогою біоіндикації встановлюють вміст у субстраті вітамінів, антибіотиків, гормонів та інших біологічно активних речовин, а також визначають інтенсивність різних хімічних (*pH*, вміст солей та ін.) і фізичних факторів (радіоактивність). За складом флори і фауни вод, чисельністю їх окремих представників судять про ступінь і характер забруднення, придатність вод для пиття і господарських цілей, а також про ефективність роботи очисних споруд.

Перші десятиліття ХХ ст. ознаменувалися широким використанням біоіндикаторів при вивченні сільськогосподарських угідь, клімату, мікроклімату, палеоклімату, гідрогеологічних умов, гірських порід і пошуку корисних копалин. Основоположними роботами слід вважати праці Ф.Клементса, Л. Г. Раменського, В. М. Сукачова, Б. В. Віноградова, П.В. Отоцького. Особливе значення мали роботи Л. Г. Раменського, Х. Елленберга, А. Крюденера, Н. Тюксена, в яких розробляли екологічні шкали для оцінки ґрунтів лугів, лісів, покладів. Екологічна шкала мала вигляд спеціальної таблиці, в якій для кожного виду вказані межі його поширення за факторами зволоження, багатства ґрунту, засолення, випаду і т.ін.

Продуктивним виявилось застосування біоіндикації при дослідженні ареалів ґрунтових вод. Засновниками цього методу з використанням аерознімків стали С.В.Вікторов (1980) і Е. А. Востокова (1962).

На сучасному етапі найбільш важливі завдання біоіндикації та біомоніторингу полягають у розробці теоретичних основ і методології аналізу реакції біологічних систем на багатфакторні впливи з урахуванням диференційних відмінностей патогенних агентів, факторів ризику, патотропних ситуацій і патологічних явищ в залежності від екологічних умов і стану організмів, популяцій, ценозів і окремих екосистем. Тому біоіндикацію слід розглядати як процес отримання необхідної екологічної інформації. Важливість інформаційних аспектів біоіндикації впливає із практики природоохоронної діяльності (Котельников, Палагін, 1994).

Міжнародна система екологічного моніторингу, створена на основі рекомендацій I Міжнародної конференції ООН у Стокгольмі в 1972 р., як засіб оцінки якості навколишнього середовища та його змін (Ізраель, 1972; Бурдін, 1985; Криволюцкий, 1994), розглядає біорізноманіття як один з основних показників функціонування біоти, в тому числі і ґрунтової. Важливою складовою встановлення біоріз-

номаніття є біоіндикація (Самсонов та ін., 2005). Методи біоіндикації дозволяють отримати дані, що характеризують відповідь біоценозів на антропогенний вплив. Характерно, що реакція формується протягом досить тривалого проміжку часу, тому може включати накладання різних чинників, їх коливання та адаптаційні механізми виду-індикатора (Семенов, 1984). Біоіндикатори не можуть миттєво реагувати на зміну екологічних умов тому, що їх індикаторними властивостями є популяційні процеси та процеси угруповання в цілому.

Г. Штекер (Stecker, 1981) розглядав біоіндикацію як метод моніторингу навколишнього середовища, що є доволі чутливим показником антропогенних або модифікованих антропогенних впливів на довкілля, за допомогою вивчення змін кількісних та якісних ознак біологічних об'єктів і систем стосовно умов, які визначають. Такий підхід значною мірою звужує поняття біоіндикації, обмежуючи його лише оцінкою антропогенного впливу. Р. Шуберт (1988) характеризував біоіндикацію як метод оцінювання абіотичних і біотичних факторів місцезростань за біологічними системами. Таке широке визначення відображає суть біоіндикації А її значення важко переоцінити зважаючи на те, що біоіндикаційне діагностування стану навколишнього середовища має ряд переваг перед хімічними та фізико-хімічними методами дослідження, а саме:

- вирізняється високою чутливістю до надслабких антропогенних змін якості середовища;
- дозволяє своєчасно виявляти наслідки впливу техногенних факторів на якісні показники довкілля (наприклад, передбачити «цвітіння» води, запобігати токсикозам, пов'язаним з цим явищем та з впливом стічних вод);
- дає можливість оцінити рівень забруднення в умовах великого різноманіття ситуацій;
- забезпечує вчасне виявлення наслідків та надання характеристики антропогенних впливів на екосистему, які мали місце в минулому (або напередодні аналізу), та прогнозування їх післядії [12].

Широке коло наслідків, що впливають з хімічного забруднення елементів довкілля, призводять до того, що стандартні хімічні методи аналізу є недостатніми, щоб повністю оцінити вплив на навколишнє середовище. Обмеженість хімічних методів аналізу щодо якості педосфери, наприклад, полягає у не врахуванні синергізму забруднювачів, абсорбцію ґрунтовими колоїдами та взаємодію із

гуміновими кислотами. (Baker, 1970; Wang, 1990). Останні фактори є об'єктивною реальністю, відтак, потребують врахування, більше того, ґрунтового вивчення і точного визначення. У цьому контексті використання методів біоіндикації з використанням біоіндикаторів є доцільним і ефективним.

Виклад основного матеріалу. Системний аналіз якості довкілля доцільно, на нашу думку, реалізовувати використовуючи *біоіндикатори*, якими можуть бути біологічні об'єкти від клітин і біологічних макромолекул до екосистем і біосфери, що вказують на стан і якість навколишнього середовища. Зусиллями багатьох вчених встановлено *критерії вибору біоіндикатора, зокрема, швидкість відповіді; надійність (помилка < 20 %); моніторингові можливості (постійно присутній в природі об'єкт).*

Існують різні форми біоіндикації. Якщо дві однакові реакції викликаються різними антропогенними факторами, то говорять про форму *неспецифічної біоіндикації*. Якщо ж ті чи інші зміни, що відбуваються можна пов'язати тільки з одним фактором, мова йде про *специфічну біоіндикацію*.

Реалізація згаданих форм біоіндикації здійснюється двома видами методів: реєстральною біоіндикацією і біоіндикацією за акумуляцією. *Реєстральна біоіндикація* дозволяє робити висновок про вплив факторів середовища за станом особин виду або популяції, а *біоіндикація за акумуляцією* використовує властивість рослин і тварин накопичувати ті чи інші хімічні речовини. Відповідно до цих методів розрізняють *реєстральні і накопичувальні індикатори*. *Реєстральні індикатори* реагують на зміни стану навколишнього середовища зміною чисельності, пошкодженням тканин, соматичними проявами (в тому числі повторюваність), зміною швидкості росту та іншими добре помітними ознаками.

Накопичувальні індикатори концентрують забруднювальні речовини в своїх тканинах, певних органах і частинах тіла, які в подальшому використовуються для визначення ступеня забруднення навколишнього середовища за допомогою хімічного аналізу. Прикладом подібних індикаторів можуть служити хітинові покриви ракоподібних і личинок комах, що живуть у воді, мозок, нирки, селезінка, печінка ссавців, черепашки моллюсків, мохи [6].

Біоіндикаційні методи за понад столітню історію застосування довели свою ефективність **при дослідженні** всіх компонентів довкілля, зокрема, **якості ґрунтів**. Вже в кінці дев'ятнадцятого сторіччя вченими були дове-

дені такі властивості багатьох рослин, за якими легко можна визначити склад ґрунту, на якому вони виростають. Наприклад, в Австрії, таким чином, виявили поклади міді, в Америці – срібла. Деякі племена американських індіанців шукали і знаходили золото під квітами чорнобривців, які у величезній кількості дико ростуть у Південній Америці. Пустельна колючка чи верблюжа колючка, потрапляючи на місце багате сіркою, зацвітає білими квітами замість, звичних, рожевих. А якщо насіння цієї колючки вітром заносить на цинкові родовища, то листя її стають жовтуватими. Адоніси разом з ліліями вказують людині на вапнякові ґрунти. А якщо вам терміново знадобиться нікель і кобальт – шукайте луки, багаті на сон-траву.

Ще про присутність в надрах корисних копалин можна судити за кількома зміненими формами тієї або іншої рослини. Наприклад, полин, солянка і прутняк набувають карликових форм за надлишку в ґрунті бору. Видозмінені пелюстки маку польового явно вказують на великі поклади в цих місцях цинку і свинцю. Рослина солодка здатна вказувала людині не просто на воду, а ще й яка це вода – прісна чи солоня. Якщо солодка кольорова з яскраво забарвленими квітами – то вода поруч з нею прісна, питна. А от якщо її квіти мають матовий відтінок і на листі є білуватий наліт – вода солоня.

Біоіндикація стає в нагоді й вулканологам, які стверджують, що сама звичайна маленька примула здатна попередити про виверження величезних вулканів. Ті примули, які ростуть біля вулканічних гір, розцвітають тільки перед самим їх виверженням.

Для визначення родючості ґрунту агрономи теж користуються індикаційними властивостями рослин. Зарості кропиви, лободи та жовтецю вказують на достатній вміст у ґрунтах нітрогену, а відмінний ріст диких видів бобових рослин – кальцію.

У біоіндикації та екоотоксикології ґрунтів у порівнянні з рослинами частіше оцінюють структуру, біорізноманіття та стан популяцій великих ґрунтових безхребетних (Гіляров, 1965; Edwards, Bohlen, 1995; Бутовський, 2001) на це є кілька причин. Мешканці ґрунтових порожнин і пор (панцирні кліщі, ногохвости) і мешканці плівок ґрунтової вологи (нематоди, найпростіші) виявляються більшою мірою залежними від впливу антропогенних чинників (Криволуцький, 1983; Норкін, 1994; Lokke, 1997; Кузнецова, 2002).

За допомогою рослин індикаторів можна визначати характер і стан ґрунту, на якому

вони ростуть. Властивості ґрунту, такі як вологемність, структура, щільність, вміст кисню, тощо, а також вміст поживних речовин, важких металів і солей визначає середовище існування рослин. На зміну цього середовища вони реагують збільшенням кількості або навпаки, відсутністю, пишним ростом або пригніченим розвитком. Умови існування можуть стимулювати рослини в їх конкурентній боротьбі за життєвий простір з іншими рослинами або заважати їм. Особливо чітко виражені індикаторні властивості у дикорослих трав'яних рослин, за якими можна визначити стан орної землі. Так, індикатором піщаного ґрунту є коров'як, глинистий і суглинний – жовтець повзучий, рутка, молочай; про сухість ґрунту свідчить поява ромашки і полину (ксерофіти), про вологість – м'ята польова, щавель, хвощ; індикаторами ущільнених ґрунтів є пирій і жовтець повзучий. Про застійну вологість ґрунтів можна судити за наявністю м'яти, мокрецю. Показник засоленості ґрунтів – наявність галофітів, наприклад лободи. Індикатори кислих ґрунтів – молінія, хвощ, щавель; вапнякових – гірчиця польова, молочай, сонцесвіт, люцерна, льонок, підбіл. Індикаторами підвищеного вмісту азоту в ґрунті є лобода, мокрець, кропива, чистотіл.

Повний аналіз ґрунту вимагає багато часу та праці. Однак багато особливостей ґрунту, в тому числі і родючості, можна визначити за рослинами-індикаторами, які ростуть на ньому. Так наприклад, про високу родючість свідчать такі рослини: малина, кропива, іван-чай, таволга, снить, чистотіл, копитняк, кислиця, валеріана. Індикатори помірної (середньої) родючості: медунка, дудник, грушанка, гравілат річковий, вівсяниця лугова, купальниця, вероніка довголиста. Про низьку родючість свідчать сфагнові (торф'яні) мохи, наземні лишайники, котяча лапка, брусниця, журавлина, ситник ниткоподібний, запашний колосок. Байдужі до ґрунтової родючості жовтець їдкий, пастуша сумка. Маловимоглива до ґрунтової родючості сосна звичайна.

Про високий вміст азоту свідчать рослини-нітрофіли – іван-чай, малина, кропива; на луках і ріллі – розростання пирію, споришу (горця пташиного).

Високу забезпеченість кальцієм показують кальцієфіли: багато бобових (наприклад, люцерна серповидна), модрина сибірська.

При нестачі кальцію панують кальцієфоби – рослини кислих ґрунтів: щучка (луговик дернистий), квас, сфагнум та ін. Ці рослини стійкі до шкідливої дії іонів заліза, марганцю, алюмінію [14].

Кислотність – одна з характерних властивостей ґрунту лісової зони. Підвищена кислотність негативно позначається на рості і розвитку ряду видів рослин. Це відбувається через появу в кислих ґрунтах шкідливих для рослин речовин, наприклад, розчинного алюмінію або надлишку марганцю. Вони порушують вуглеводний і білковий обмін в рослинах, затримують утворення генеративних органів і призводять до порушення насінневого розмноження, а іноді викликають загибель рослин. Підвищена кислотність ґрунтів пригнічує життєдіяльність ґрунтових бактерій, що беруть участь в розкладанні органіки і вивільненні поживних речовин, необхідних рослинам.

У процесі еволюції сформувалися три групи рослин: ацидофіли – рослини кислих ґрунтів, нейтрофіли – мешканці нейтральних ґрунтів, базифіли – ростуть на лужних ґрунтах. Знаючи рослини кожної групи, в польових умовах можна приблизно визначити кислотність ґрунту, а саме: вираженими ацидофілами є сфагнум, зелені мохи – гілокоміум, дікранум, плавун булавовидний, плавун річний, плавун сплюснутий, пухівка піхвова, підбіл багатолістий, котяча лапка, касандра, цетрарія, щучка дерниста, хвощ польовий, квас малий; помірними ацидофілами – чорниця, брусниця, багно, калюжниця болотна, сухоцвіт, жовтець отруйний, мучниця, білозір болотний, фіалка собача, сердечник луговий, кунічник наземний; слабкими ацидофілами – папороть чоловічий, медунка неясна, зеленчук, дзвіночок кропиволистий, дзвіночок широколистий, бор розлогий, осока волосиста, осока рання, малина, смородина чорна, вероніка довголиста, горінь змійний, орляк, кисличка заяча.

Нейтрофільні види представлені яглицею європейською, полуницею зеленою, лисохвостом луговим, конюшиною гірською, конюшиною лучною, мильняною лікарською, борщівником сибірським, цикорієм. Якщо на ґрунтах зростають мати-й-мачуха, люцерна серповидна, келерія, осока волохата, лядвенець рогатий, гусяча лапка, то вони є нейтрально-лужними. Базифіли бузина сибірська, в'яз шорсткий вказують на лужну реакцію ґрунту [14].

Загалом для розвитку методів біоіндикації стосовно ґрунту визначне значення мали роботи засновника вітчизняної ґрунтової зоології М.С.Гілярова та його учнів [2]. Їхні роботи дала потужний імпульс подібним дослідженням не тільки в нашій країні, а й за її межами.

Біоіндикаційні дослідження якості атмосферного повітря. Однією із глобальних проблем сучасності є проблема забрудненості довкілля, у тому числі атмосферного повітря.

Ця проблема з кожним роком загострюється, оскільки посилюється антропогенний вплив на навколишнє середовище, і тому потрібно здійснювати постійний моніторинг за станом повітря та давати йому екологічну оцінку. Ступінь чистоти повітря можна визначати багатьма методами, але більшість з них вимагають значних матеріальних і фінансових затрат. За таких умов доцільно використовувати методи біоіндикації, які мають інтегральний характер та є значно простішими і не потребують значних матеріальних витрат. Найбільш поширеним методом моніторингу стану повітряного середовища є аналіз морфометричних параметрів та показників флуктуаційної асиметрії листових пластинок, що змінюються під впливом на рослину поллютантів в період росту листка. Окрім того, для оцінки довгострокового забруднення атмосферного повітря як метод використовують ліхеноіндикацію.

Фітотоксична дія атмосферних забрудників виявляється шляхом спостереження за дикорослими і культурними рослинами, що ростуть в зоні забруднення. В ході спостережень, перш за все, необхідно виключити можливість пошкодження рослин біотичними або ж абіотичними факторами, не пов'язаними з забрудненням навколишнього середовища [10].

На сьогодні відомо декілька видів ефектів впливу забрудненого повітря на рослини, котрі можна умовно розділити на ефекти гострої дії високих концентрацій за короткий проміжок часу і хронічної дії низьких концентрацій цих речовин за тривалий період. Прикладами ефектів гострого впливу є чітко помітний хлороз або некроз тканин листя, опадання листя, плодів, пелюсток квіток; скручування листків, викривлення їх стебел. До ефектів хронічної дії відноситься сповільнення або зупинка нормального росту і розвитку рослин (що обумовлюють, зокрема, зменшення об'єму біомаси, зниження врожаю сільськогосподарських культур); хлороз і некроз верхівок листя; повільне в'янення рослини або її органів. Іноді прояви хронічної або гострої дії можуть бути специфічними для окремих забруднюючих речовин або їх поєднання [11].

Для оцінки повітряного середовища, або інтегральної оцінки якості середовища існування в біоіндикації в якості рослин-індикаторів використовують лишайники та різні судинні рослини (сосна, береза, тополя тощо). Дуже поширеним є застосування ліхеноіндикації внаслідок таких характеристик лишайників, як: швидка акумуляція токсичних речовин, що 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.

За умов складного забруднення атмосфери, при спільному впливі вихлопних газів автотранспорту, поллютантів хімічного заводу, пилу золівідвалів, тощо важко зробити висновок про домінування окремого виду забруднювачів на основі ліхеноіндикації (Пляцук, 2015), тому доцільно використовувати деревні породи [11].

Визначення якості атмосферного повітря за рівнем асиметрії морфологічних структур деревних порід. Найбільш зручними для біоіндикації серед деревних порід є: *тополя бальзамічна (Populus balsamifera)*, *клен гостролистий (Acer platanoides)* і *ясенелистий (A. negundo)*, *береза бородавчаста (Betula pendula)*. Всі перераховані рослини мають чітко виражену двосторонню симетрію, що є головною вимогою методу, оскільки інтегральна експрес-оцінка якості середовища базується на виявленні порушень симетрії розвитку листової пластинки деревних і трав'янистих форм рослин під впливом антропогенних факторів.

Динамічна рівновага та стабільність біологічних систем тісно пов'язані з фітоіндикацією морфо-генетичних змін рослин у відповідь на антропогенні впливи. На рівні організмів та екосистем впливи стресорів відрізняють тільки завдяки появі зовнішніх симптомів ушкоджень (некрози, хлорози) після того, як порушена межа адаптаційної здатності і системи стають нестабільними. Для деяких стресових факторів вже випробувані та іноді спеціально підібрані різноманітні морфологічні індикатори, за допомогою яких можлива коротко, або довгострокова індикація як при низьких, так і при високих дозах їх впливів.

У біоіндикаційних дослідженнях доцільно використовувати систему морфологічних ознак для листя деревних культур згідно з методикою «Біотест». Вивчення рослинних угруповань виконується у відповідних тест-точках та згодом будуються відповідні біоіндикаційні ряди чутливості деревних культур. При цьому враховують, що рослини, які можна використати як індикаторні, повинні відповідати наступним вимогам: широка екологічна амплітуда; широкий ареал поширення; низька спонтанна частота прояву ознаки, що враховується.

Після відбору тест-об'єктів на експериментальних ділянках статистично оцінюють величину 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:

$$I_a = I_0 \cdot \frac{(A-B)}{(A+B)}$$

де I_a – інтегральний показник асиметрії; I_0 – абсолютна величина; A, B – значення ознаки з лівої та правої сторони листової пластинки відповідно [13].

Згаданий біоіндикаційний метод був обраний для дослідження Д. Л. Пляцук в рамках здійснення біотестування рівня забрудненості атмосферного повітря міста Суми, де техногенний вплив, зокрема обумовлений забрудненням атмосфери, зумовлюється викидами забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел. За результатами досліджень встановлено, що при величині середнього інтегрального показника флюктуючої асиметрії для берези бородавчатої $0,054 \pm 0,003$ екологічний стан атмосферного повітря наближений до передкритичного рівня. Відтак, здійснення біоіндикації саме на деревній породі берези бородавчатої є раціональним та ефективним для комплексної оцінки стану забруднення атмосферного повітря урбанізованого середовища [11].

Ще одним біоіндикаторним видом, який вдало репрезентує екологічний стан атмосферного повітря є сосна звичайна. Про це доводять дослідники О. П. Бригас, І. В. Масберг, М. П. Кейван, О. В. Тертична, які проводили біоіндикаційну оцінку стану атмосферного повітря Західного Криму. Їхні дослідження сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) здійснювались для визначення стану атмосферного повітря в зоні діяльності тваринницьких комплексів. Дослідження проводили на трьох дослідних ділянках – в околицях озер Донузлав, Сасик, Мойнакське. За тиждень до експерименту зрізали гілки найпоширенішої у цій місцевості умовно одновікової *P. sylvestris* на висоті 2 м із частини крони, поверненої до фактора впливу. Хвою розглядали за допомогою лупи. Досліджували хлорози, некрози кінчиків хвої і всієї поверхні, їх відсоток і особливості ураження. Вимірювали довжину хвої на пагоні попереднього року, а також її ширину (в середині хвої). Для біоіндикації були використані такі реакції *P. sylvestris*: специфічні зміни будови пагона, специфічні зміни анатомічної будови хвої. За результатами досліджень особливостей морфогенезу в умовах антропогенного забруднення у *P. sylvestris* виявлено чисельні ростові аномалії.

Групою дослідників було встановлено, що реакціями вегетативної сфери *P. sylvestris* на забруднення є порушення онтогенезу вегетативних пагонів (швидкості перебігу морфогенезу, періодичності утворення пагонів, зміни їх біологічної організації), а також анатомічної будови хвої [10].

Оцінюючи результати застосування біоіндикаційних методів з метою системного аналізу якості повітряного середовища у м. Тернополі та області, необхідно зауважити незначне поширення берези бородавчатої та сосни звичайної в околицях міста чи інших населених пунктів області. Відтак, у такій ситуації доцільним та обґрунтованим, на наш погляд, є використання методів ліхеноіндикації, особливо зважаючи на потенційні переваги останньої в умовах переважаючого впливу автотранспорту на якість повітря. Аналіз результатів сучасних досліджень у цій галузі засвідчує, що ліхеноіндикація вкрай ефективна для оцінки забруднення атмосфери від автомобільного транспорту.

Лишайники відносно невибагливі до субстрату, проте більшість видів має селективну здатність поселятись на певному субстраті (на вапняках, кварцах, корі дерев, або гниючій деревині, на якій нерухомо лежали предмети зі скла, шкіри, заліза та ін.)

Лишайники примітні невибагливістю до умов існування: вони переносять холод, спеку і майже повне висихання, але сильно потерпають від забруднення. Ростуть дуже повільно (часто менше міліметра за рік).

За типом слані лишайники ділять на *накипні* (коркові), *листуваті*, *кущисті*. *Накипні* – мають слань у вигляді тонкої (гладкої або зернистої, горбкуватої) скоринки і дуже щільно зростаються з субстратом (корою, каменем, ґрунтом), відокремити їх без пошкодження субстрату не можна. *Листуваті* – мають вигляд дрібних лусочок або пластинок, прикріплюються пучками грибних гіф (ризодідами) і легко відокремлюються від субстрату. *Кущисті* (рунисті) лишайники мають вигляд тонких ниток або більш товстих розгалужених кущиків, що прикріплюються до субстрату своєю основою.

У лишайників, що ростуть на деревах, видовий склад розрізняють залежно від рН кори. Лишайники зникають, в першу чергу, з дерев, що мають кислу кору (береза, хвойні), потім з нейтральних (дуб, клен) і найпізніше – з дерев, які мають слаболужну кору (в'яз дрібнолистий, акація жовта).

Різні види лишайників володіють неоднаковою стійкістю до забруднень і тому можуть

служити добрими індикаторами ступеня забруднення повітря. Переконаливо доведено, що епіфітні лишайники (і мохоподібні) є більш чутливими індикаторами якості повітря, ніж епілітні, епігейні види. Серед епіфітних лишайників найбільш чутливими до зміни умов є куцисті лишайники, які мають найменший контакт з субстратом, низьку буферність середовища і здатні зреагувати на найбільш низькі концентрації шкідливих речовин.

Видовий склад лишайників в різних частинах міст внаслідок різного ступеня забруднення атмосферного повітря виявився різним, тому вчені стали в межах міст виділяти так звані «зони лишайників». Вперше вони були виділені при дослідженні повітря в Стокгольмі, де виділили лишайникову «пустелю» з майже зовсім відсутніми лишайниками; зону «змагання» представлену бідною флорою лишайників та видами зі зниженою життєздатністю; «нормальну» зону, де зустрічається багато видів лишайників. Згодом досвід шведських вчених використовували і в інших містах світу. Біогеохімічна індикація атмосферного забруднення в багатьох з них фіксувала розростання площі лишайникової «пустелі». У

своїй роботі Назарова К. В., Антонюк О. М. «Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в умовах міста Чернівці» зауважать подібні зміни в Мюнхені, де площа лишайникової «пустелі» з 8 км² в 1901 р. зросла до 58 км² в 1957 р.

Здійснити дослідження в галузі біогеохімічної індикації атмосферного забруднення можна отримуючись наступного алгоритму: 1. Поділити вибрану для дослідження територію на квадрати розміром 10 x 10 м. У кожному квадраті вибрати 10 старих, але здорових дерев, що ростуть окремо. 2. На кожному дереві підрахувати кількість видів лишайників. Не обов'язково знати точну назву видів, потрібно лише розрізнити їх за кольором і формою таллома. 3. Провести оцінку ступеня покриття стовбура дерева. Для цього на висоті 30 –150 см на найбільш зарослу лишайниками частину кори накласти рамку. Підрахувати, який відсоток загальної площі рамки займають лишайники. Крім дерев можна досліджувати обростання каменів, стін споруд тощо. Компаративний аналіз отриманих результатів здійснити враховуючи відомості табл.1.

Таблиця 1.

Зустріваність лишайників на досліджуваних ділянках

Зона	Ступінь забруднення повітря	Наявність (+) або відсутність (-) лишайників		
		куцистих	листуватих	накипних
1	Забруднення немає	+	+	+
2	Слабке забруднення	—	+	+
3	Середнє забруднення	—	—	+
4	Сильне забруднення («лишайникова пустеля»)	—	—	—

Багаторічні ліхеноіндикаційні дослідження дали змогу встановити певні закономірності, які зумовлені прямою залежністю між площею, вкритою лишайниками, їх життєздатністю й видовою різноманітністю та рівнем індустріалізованості міста, а відтак, забрудненості його повітряної оболонки. Причому, при підвищенні ступеня забрудненості повітря першими зникають куцисті лишайники, за ними – листуваті і згодом накипні.

Лишайники дуже чутливі до забруднення повітря, особливо сполуками сірки, тому ступінь їх розвитку може служити індикатором екологічного стану в містах. Зокрема, швидкість росту і колір лишайника вказують на присутність, або відсутність SO₂ та його приблизну концентрацію в повітряних масах. Цей метод використовують при моніторингу SO₂ в Англії, Ірландії, Канаді, Франції, Швеції та США [12].

Біоіндикаційні дослідження в рамках

системного аналізу якості гідросфери. Процедура біоіндикації для природних водних екосистем різних типів має свої особливості. Життя у водоймі залежить від комплексу факторів, серед яких виділяють абіотичні, біотичні та антропогенні. Абіотичні фактори віддзеркалюють фізичні та хімічні властивості води: концентрація кисню, розчиненого в ній, її прозорість та здатність пропускати сонячне світло для забезпечення фотосинтезу, температура, солоність та твердість, наявність доступної органічної речовини та біогенних елементів. Специфіку видового складу гідробіонтів водойми визначають також динаміка водних мас, швидкість течії, характер донних відкладів, тощо. Біотичні фактори формуються в результаті впливу водних організмів на середовище (наприклад, насичення киснем води внаслідок фотосинтезу водних рослин), або один на одного (симбіоз, паразитизм, хижацтво). Антропогенні чинники визнача-

ються характером впливу людини та її діяльності на водні екосистеми [13].

Під час обстеження водойм з метою визначення якості води за біоіндикаторами (представленими макрофітами) особливу увагу доцільно приділяти домінуючим видам рослин та їх угрупованням, оскільки саме вони віддзеркалюють загальну картину екологічного стану водойми. Індикатором екологічного стану водойми може бути не лише видовий склад макрофітів у водоймі, але й чисельність видів, особливості просторового розподілу водної рослинності та деякі інші показники [9]. Вибір видів-біоіндикаторів серед гідробіонтів, які населяють водойму, передбачає володіння ними наступними ознаками: висока екологічна точність реакції біоіндикатора на зміну фактору середовища, який індукується; відносно висока чисельність виду-індикатора; широке розповсюдження у екосистемі; простота у визначенні таксономічної приналежності; наявність інформації про екологію виду [8].

З метою реалізації системного аналізу якості води у водоймі здійснюють біоіндикаційні дослідження за макробезхребетними, які живуть в товщі води і на дні, включаючи підводні споруди, виходячи з індексу запропонованого Вудівісом. З цією метою необхідно:

1. визначити, які індикаторні групи організмів мешкають у річці. Пошук починають із самих чутливих до забруднення личинок веснянок (Plecoptera), одноденок (Ephemeroptera), волохокрильців (Trichoptera), тобто, в такому ж самому порядку, як вони розміщені в табл. 2 «Індикаторні групи макробезхребетних».

Якщо у водоймі є личинки веснянок, то далі роботу треба вести за першим чи другим рядком таблиці робочої шкали для визначення біотичного індексу. Якщо знайдено кілька видів веснянок, то працюємо з першим рядком, якщо тільки один – то з другим рядком. Якщо веснянок не знайдено, то шукають личинки одноденок. Якщо вони є, то в залежності від кількості знайдених видів працюємо з третім рядком шкали (більше 1 виду) або з четвертим рядком (тільки 1 вид). Якщо одноденок не виявлено, то звертають увагу на наявність личинок волохокрильців і відповідно працюють з п'ятою стрічкою (більше 1 виду) або шостою стрічкою (1 вид) шкали. Якщо волохокрильців не виявлено, то шукають бокоплавів, віслучків, тубіфіциди, хірономіди і відповідно працюють з восьмою і т.д. шкалою.

2. Далі необхідно оцінити різноманітність бентосних організмів. Треба визначити кількість "груп" бентосних організмів у пробі (у групу входять всі види представлені в табл. "Індикаторні групи макробезхребетних"). Визначивши кількість "груп" у пробі знаходять відповідний стовпчик на робочій шкалі.

3. На перехресті рядків і стовпчиків на робочій шкалі отримують значення біотичного індексу. Відповідно до цього індексу визначають клас якості води: блакитний колір (індекси 9-10) – вода дуже чиста – I клас; зелений колір (індекси 7-8) – вода чиста – II клас; жовтий колір (індекси 5-6) – вода забруднена – III клас; помаранчевий колір (індекси 3-4) – вода брудна – IV клас; червоний колір (індекси 0-2) – вода дуже брудна – V клас.

Таблиця 2.

Індикаторні групи макробезхребетних

Наявність певних таксонів тварин у пробі	Кількість видів певного таксону у пробі	Загальна кількість умовних «груп» організмів ¹ у пробі				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16 і більше
		Значення біотичного індексу				
Наявні личинки веснянок	Більше одного виду	—	7	8	9	10
	Лише один вид	—	6	7	8	9
Наявні личинки одноденок	Більше одного виду ²	—	6	7	8	9
	Лише один вид ²	—	5	6	7	8
Наявні личинки волохокрильців	Більше одного виду ³	—	5	6	7	8
	Лише один вид ³	4	4	5	6	7
Наявні бокоплави(або гамариди)	Усі вищезазначені види відсутні	3	4	5	6	7
Наявний водяний ослик	Усі вищезазначені види відсутні	2	3	4	5	6
Присутні тубіфіциди (трубочник) та/або личинки хірономід	Усі вищезазначені види відсутні	1	2	3	4	—
Усі вищезазначені групи відсутні	Можуть бути присутні види, невибагливі до вмісту кисню у воді	0	1	2	—	—

Примітки до таблиці 2: 1 – Умовні групи організмів, які підлягають підрахунку: 1) усі види плоских червів, 2) усі види п'явок, 3) усі види кліщів, 4) усі види молюсків, 5) усі види ракоподібних, 6) усі види личинок веснянок, 7) усі види личинок одноденок, 8) усі види личинок двокрилих, 9) усі види личинок жуків, 10) личинки

Baetis rhodani (одноденка), 11) личинки *Chironomus thummi* (хірономіда), 12) личинки волохокрильців, 13) личинки всіх інших хірономід, 14) личинки симулід, 15) усі види личинок сітчастокрилих;

2 – Виключаючи личинку одноденки *Baetis rhodani*;

3 – *Baetis rhodani* включена в цей розділ [1].

З усього бентосу найбільш часто використовуваних для оцінки якості прісної води є макрозообентос, оскільки є найбільш вивченим. Крім того, основними представниками цієї групи є личинки комах, які мають підвищену чутливість до токсичних впливів і інших змін середовища (наприклад евтрофікації). Макрозообентос є дуже зручним об'єктом для вивчення ще й тому, що для вилову макрозообентосу потрібно тільки саме найпростіше обладнання (звичайний сачок) і його представників можна зловити практично в будь-якій водоймі як з поточною, так і зі стоячою водою [5].

Метод Вудівіса є одним із простих і широкоживаних підходів у біоіндикації. Він був розроблений в 1964 р. британським гідробіологом Ф. Вудівісом для оцінки стану річки Трент. Метод дозволяє проводити біоіндикацію стану водойм за складом лише великих безхребетних тварин – тих, які мешкають переважно на дні, а також на водній рослинності, і добре помітні неозброєним оком. Для застосування цього методу необхідно і достатньо зібрати якісні проби макробезхребетних без обліку кількості тварин кожного виду на одиницю простору. Розрахунок індексу ґрунтується на двох параметрах: загальному різноманітті безхребетних та наявності організмів, що належать до індикаторних груп.

Огляд водойми здійснюють візуально, а

для дослідження занурених видів – використовують граблі, дістаючи рослини. Дані спостережень заносять у польовий щоденник. Розпочинаються вони описом водойми. Далі наводиться перелік видів макролітів, що трапилися, та загальний опис макрофітної рослинності. Після складання загального списку рослин, серед них виділяють види-індикатори та індикаторні групи залежно від методики, якою будуть користуватися у подальшій роботі [13]. Пошук розпочинають з найчутливіших до забруднення видів рослин – молодильника, хари, водяного моху фонтиналису чи дрібнолистих рдесників [9].

Ефективність подібних досліджень нами встановлена в процесі вивчення р. Ценівка. Узагальнені результати досліджень присутності видів рослин-біоіндикаторів у видовому складі р. Ценівка подано у табл. 3. Серед досліджених видів рослин-біоіндикаторів, що зустрічаються у р. Ценівка на такі види, як латаття (*Nymphaea alba*) та тілоріз (*Stratiotes aloides*) припадає по 15% відповідно. Відсутність у флористичному складі цієї екосистеми молодильнику озерного *Isoetes lacustris* вказує на забруднення води, оскільки цей вид проживає лише у чистій воді. Водночас, відсутність у видовому складі нитчастої водорості *Hair algae* є свідчення помірного забруднення води, оскільки цей вид зустрічається лише у дуже забрудненій воді [4].

Таблиця 3.

Види рослин-біоіндикаторів у р. Ценівка

Види-індикатори	Загальна кількість наявних видів		
	> 5	6-10	> 11
Молодильник озерний, фонтиналис, хара	—	—	—
Комплекс дрібнолистих рдесників (крім рдесника гребінчастого)	—	—	—
Комплекс широколистяних рдесників (рд. пронизанолистий, блискучий, кучерявий), глечики, елодея канадська, стрілолист	—	—	—
Латаття, водопериця, водяний жовтець, хресник гребінчастий	4	—	—
Тілоріз, пухирник, жабурник	—	4	—
Кушир, ряска ПП < 50%	—	—	—
Кушир, ряска ПП > 50%	—	—	—
Нитчасті водорості	—	—	—

Серед макрозообентосу у річці зустрічаються такі види тварин, як личинки одноденок *Ephemera vulgata*, личинки волохокрильців

Phryganea grandis, бокоплави *Gammarus lacustris*, тубіфіциди *Limnodrius hoffmeisteri* та велика кількість водяних осликів *Asellus*

aquaticus. Відсутніми були личинки веснянок *Isoperla grammatica*. Як видно з табл. 4 та рис .4.1. серед досліджених видів тварин найбільша частка припадала на такі види: личинки

одноденок *Ephemera vulgata* та личинки волохокрильців *Phryganea grandis*, та водяний ослик *Asellus aquaticus*. Відсутніми були личинки веснянок *Isoperla grammatica*.

Таблиця 4.

Види тварин - біоіндикаторів, що були виявлені у р. Ценівка

Наявність певних таксонів тварин у групі	Кількість видів певного таксону у пробі	Загальна кількість умовних груп організмів у пробі				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16 і <
Наявні личинки веснянок	Більше одного виду	—	—	—	—	—
	Лише один вид	—	—	—	—	—
Наявні личинки одноденок	Більше одного виду	—	—	—	—	—
	Лише один вид	—	6	—	—	—
Наявні личинки волохокрильців	Більше одного виду	—	—	6	—	—
	Лише один вид	—	—	—	—	—
Наявні бокоплави	Усі вище зазначені види відсутні	—	4	—	—	—
Наявний водяний ослик	Усі вище зазначені види відсутні	—	—	4	5	—
Присутні тубіфіциди	Усі вище зазначені види відсутні	—	—	3	—	—
Усі вищеназвані групи відсутні	Можуть бути присутні види, невибагливі до вмісту кисню у воді	—	—	—	—	—

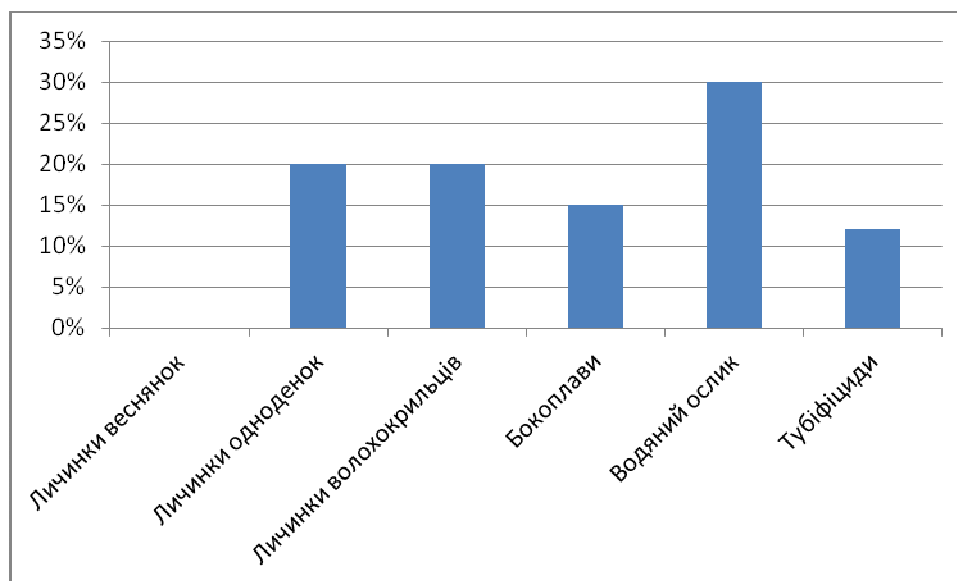


Рис.1. Частка різних видів макрозообентосу у р. Ценівка

Відсутність цих видів тварин, як й у випадку водних рослин свідчить про те, що вода в цій річці є сильно забрудненою.

Висновки та перспективи використання результатів дослідження. Екологічні реалії сьогодення є множиною факторів, які продуковані різними за походженням джерелами забруднення. Їх функціонування характеризується сукупністю величин, змінних в часі та підпорядкованих геопросторовим особливостям території. Відтак, забезпечення декларованої державою безпечної для життя та здоров'я якості довкілля чи окремого його компоненту

вимагає врахування не лише якісних й кількісних показників емісій, але і системного аналізу. Реалізація цього завдання неможлива без використання методів біоіндикації з метою діагностики якості навколишнього середовища. Вивчення біоіндикаційних властивостей окремих видів дозволить встановити наявні зміни якості довкілля. Прогностична функція біоіндикаційних методів в цьому контексті є вкрай затребуваною завдяки уможливленню ефективних управлінських рішень і заходів щодо зниження величини техногенного навантаження.

Література:

1. Викторов С.В., Ремезова Г.Л. Индикационная геоботаника. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 167с.
2. Гіляров М.С. Зоологічний метод діагностики ґрунтів. – М.: Наука, 1966. – 255 с.
3. Карпинский А. Могут ли живые растения быть указателями горных пород и формаций, на которых они встречаются...? // Журн. садоводства. – 1841. – № 3. – С. 67-72.
4. Карпова Г., Зуб Л., Мельничук В., Проців Г. Оцінка екологічного стану водойм методами біоіндикації. Перші кроки до оцінки якості води. – Бережани, 2010. – 32 с.
5. Карпова Г., Зуб Л., Мельничук В., Проців Г. Таблиці для визначення якості води методом біоіндикації. – Бережани, 2010.
6. Клименко М. О. Моніторинг довкілля. – К.: Академія, 2006. – 360 с.
7. Луцкан Е.Г. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Алдана на основе анализа флуктуирующей асимметрии березы плосколистной // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 8. – С. 139–141.
8. Мальцев В.І., Карпова Г.О., Зуб Л.М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. – К.: Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАНУ, Недержавна наукова установа Інститут екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. – 112 с.
9. Маслова О.В. Біоіндикація водного середовища за допомогою вищої водної рослинності // Вісник Запорізького національного університету. – № 1, 2011. – С. 111-117.
10. Пірогов М.В., Волгін С. О. Біоіндикаційні дослідження за епіфітною лехінофлорою шпилькових і листяних дерев на західній Україні. – Львів, 2006. – С.86-91.
11. Пляцук Д.Л. Проведення інтегральної експрес-оцінки якості атмосферного повітря в умовах зміни промислової інфраструктури регіону // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. –75.– С. 58-63.
12. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. – М.: Мир, 1988. – 348 с.
13. Экологический мониторинг. Методы биомониторинга / под ред. Д. Б. Гелашвили. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 1995.– 190 с.
14. Якушина Э.И. Древесные растения и городская среда. Древесные растения, рекомендуемые для озеленения Москвы – М: Наука, 1990. – С.25-41.

References:

1. Vyktorov S.V., Remezova H.L. Yndykatsyonnaya heobotanyka. – М.: Yzd-vo MNU, 1988. – 167s.
2. Hilyarov M.S. Zoolohichnyy metod diahnostryky gruntiv. – М.: Nauka, 1966. – 255 s.
3. Karpynskyy A. Mohut ly zhyvye rastenyuya byt' ukazatelyamy hornnykh porod y formatsyy, na kotorykh ony vstrechayut-sya...? // Zhurn. sadovodstva. – 1841. – # 3. – S. 67-72.
4. Karpova H., Zub L., Mel'nychuk V., Protsiv H. Otsinka ekolohichnoho stanu vodoym metodamy bioindykatsiyi. Pershi kroky do otsinky yakosti vody. – Berezhan, 2010. – 32 s.
5. Karpova H., Zub L., Mel'nychuk V., Protsiv H. Tablytsi dlya vyznachennya yakosti vody metodom bioindykatsiyi. - Berezhan, 2010.
6. Klymenko M. O. Monitorynh dovkillya. – К.: Akademiya, 2006. – 360 s.
7. Lutskan E.H. Buoindykatsyonnaya otsenka sostoyaniya okruzhayushchey sredy horoda Aldana na osnove analiza fluktuiryuyushchey asymmetry berezy ploskolystnoy // Mezhdunarodnyy zhurnal prykladnykh y fundamental'nykh yssledovanyy. – 2013. – # 8. – S. 139–141.
8. Mal'tsev V.I., Karpova H.O., Zub L.M. Vyznachennya yakosti vody metodamy bioindykatsiyi: naukovo-metodychnyy posibnyk. – К.: Naukovyy tsestr ekomonitorynhu ta bioriznomanittya mehapolisu NANU, Nderzhavna naukova ustanova Instytut ekolohikh (INEKO) Natsional'noho ekolohichnoho tsentru Ukrayiny, 2011. – 112 s.
9. Maslova O.V. Bioindykatsiya vodnoho seredovishcha za dopomohoy vyshchoyi vodnoyi roslynosti // Visnyk Zaporiz'koho natsional'noho universytetu. – # 1, 2011. – S. 111-117.
10. Pirohov M.V., Volhin S. O. Bioindykatsiyini doslidzhennya za epifitnoyu lekhinofloroyu shpyl'kovykh i lystyanykh derev na zakhidniy Ukrayini. – L'viv, 2006. – S.86-91.
11. Plyatsuk D.L. Provedennya intehral'noyi ekspres-otsinky yakosti atmosfernoho povitrya v umovakh zminy promyslovoyi infrastruktury rehionu // Vostochno-Evropeyskyy zhurnal peredovykh tekhnolohyy. – 2015. –75.– S. 58-63.
12. Shubert R. Buoindykatsyya zahryaznenyy nazemnykh ekosystem. – М.: Myr, 1988. – 348 s.
13. Ekolohichesky monitorynh. Metody byomonytorynha / pod red. D. B. Helashvily. – Nyzhnyy Novhorod: Yzd-vo Nyzhehorodskoho unyversyteta, 1995.– 190 с.
14. Yakushyna Э.У. Drevesnye rastenyuya y horodskaya sreda. Drevesnye rastenyuya, rekomenduemye dlya ozeleneniya Moskvy – М: Nauka, 1990. – S.25-41.

Аннотация:

Л. Грицак, И. Барна, И. Кодлюк, И. Сельская, Ю. Сплавинская, К. Сукар, С. Барна.
БИОИНДИКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ НУЖД СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

Оценивать качество окружающей среды, степень ее благоприятности для человечества необходимо, прежде всего, с целью: определения состояния природных ресурсов, разработки стратегии рационального природопользования региона; определения предельно допустимых нагрузок для любого региона; решения вопроса о влиянии данного предприятия как совокупности источников загрязнения; оценки эффективности природоохранных мероприятий; создания рекреационных и заповедных территорий, обоснования их местоположения и площади. Каждый из этих вопросов не может быть объективно решен на уровне рассмотрения формальных показателей, а требует проведения специальной разносторонней оценки качества среды обитания, то есть необходима интегральная характеристика состояния. В этом контексте целесообразно применение системного анализа качества среды, который позволяет воссоздать целостную картину изучаемых явлений. Это выражается, прежде всего, в рассмотрении объекта исследования как системы, а ее компонентов с

точки зрення такого розуміння, що властивості системи як цілого складаються не з сумми властивостей її компонентів, взятих порознь, а породжуються взаємодією компонентів.

Розглянуті підходи до реалізації системного аналізу якості навколишнього середовища з позиції біоіндикації. Проаналізовано досвід і досягнення вчених в області біоіндикації для потреб оцінки якості атмосферного повітря, ґрунтів і водойм. Встановлено особливості різних видів біогеохімічної індикації атмосферного повітря в залежності від типу техногенного забруднення. Представлено результати біоіндикаційних досліджень річки Ценивки для оцінки якості середовища шляхом оцінки якості води в водоймі.

Ключові слова: системний аналіз якості навколишнього середовища, біоіндикаційні методи дослідження, біоіндикація, рослини-біоіндикатори, біоіндикаційне діагностування.

Abstract:

L. Hrytsak, I. Barna, I. Kodlyuk, I. Selska, Y. Splavynska, K. Sukar, S. Barna. BIOINDICATIVE METHODS FOR THE NEEDS OF SYSTEM ANALYSIS OF THE QUALITY OF THE ENVIRONMENT.

The main objectives of evaluating the quality of the environment and the degree of its favorability for mankind are such: to determine the state of natural resources; to develop a strategy for rational use of natural resources in the region; to determine the maximum acceptable loads for any region; to solve the issue of the impact of a certain enterprise as a set of sources of pollution; to assess the effectiveness of environmental protection measures; to create recreational and protected areas and to determine their location and area. Each of these issues cannot be objectively resolved at the level of consideration of formal indicators but requires a special, multifaceted assessment of the quality of habitat, namely an integral characterization of the condition is needed. In this situation, it is advisable to apply system analysis of the quality of the environment, which allows us to recreate a holistic picture of the phenomena that are studied. This is carried out, first of all, by considering the object of research a system. A system implies the presence of components. Within the confines of system analysis, a system is studied by examining its components as a whole. The implementation of bioindicative studies has its own characteristics, associated with quantitative and qualitative indicators of environmental impacts. but they are somewhat advantageous because they do not use the devices. Instead, they provide an integral characteristic of the quality of the environment. the success of bioindicative methods determine the need for their use. the main instruments of bioindication are plants that are sensitive to changes in the environment at the level of both the cells and the reactions of the organism as a whole. On the basis of this, there will be different types of bioindicative methods.

Approaches to the implementation of system analysis of environmental quality from the standpoint of bioindication are examined. The experience and achievements of scientists in the field of bioindication for the needs of assessment of the quality of atmospheric air, soil and water are analyzed. The features of various types of biogeochemical indications of atmospheric air depending on the type of technogenic pollution are determined. The results of bioindicative investigation of the Tsenivka River to assess the quality of the environment by the means of evaluation of the quality of water in the reservoir are displayed.

Key words: system analysis of the quality of the environment, bioindicative methods of research, bioindication, bioindicator plants, bioindicative diagnostics.

Надійшла 01.11.2017р.

УДК 355.1:504(477)

Наталія ЛІСОВА

ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ В УКРАЇНІ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ТЕРИТОРІЇ

У статті висвітлено екологічну небезпеку військових дій в Україні. Проаналізовано результати досліджень Міжнародної благодійної організації "Екологія – Право – Людина" та Східноукраїнського екологічного інституту. Охарактеризовано вплив війни на усі оболонки землі. Акцентується увага на затопленні шахт та виході шахтних вод на поверхню, руйнуванні очисних споруд, хімічному та радіаційному забрудненні водних ресурсів, забрудненні атмосферного повітря та ґрунтів, знищенні ландшафтів, рослинності, значних площ лісів.

Ключові слова: зона АТО, військові дії, пошкодження, руйнування, погіршення якості, пожежі, заповідні території.

Постановка проблеми. Військові дії, які розпочалися на Донбасі з травня 2014 року, посилили екологічну небезпеку й без того депресивного регіону. Наразі тут спостерігаються руйнування очисних споруд, затоплення шахт, загроза розгерметизації газонафто-аміакопроводів, хімічне та радіаційне забруднення водних ресурсів, забруднення повітря та ґрунтів, знищення ландшафтів, рослинності, родючого шару ґрунтів, знищен-

ня значних площ лісових насаджень - усе, що може мати незворотні наслідки [6].

Не виключено, що війна на Сході України ведеться не тільки задля руйнування економічного, соціального і екологічного балансу, а й за природні ресурси. Так, за даними Німецького журналу "Політична екологія", нафта на нашій Планеті закінчиться до 2035 року, газ – до 2040 року, вугілля – через 100 років [9].

Війна спрямовується, перш за все, проти