

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-10-74-82>

УДК 574.64:504.064

Крайнюков О.М., Кузьміна А.Ю.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ (НА ПРИКЛАДІ М. ЛЮБОТИН)

Анотація. Представлено результати комплексної еколого-токсикологічної оцінки якості довкілля на прикладі м. Люботин. У даній роботі досліджуються токсикологічні властивості ґрунтів, атмосферного повітря та природних вод з використанням методів біотестування та біоіндикації, що дозволяє визначити комплексний вплив наявних у середовищах забруднювачів на живі організми. Це дає змогу комплексно оцінити якість довкілля без повного хімічного аналізу складу його компонентів. Розповсюдження такого підходу наразі є актуальним для оптимізації оцінки якості довкілля задля економії часу та ресурсів на її виконання. Відбір проб та еколого-токсикологічні дослідження відбувалися у червні 2018 року та квітні 2019 року. Під час дослідження проводили біотестування для визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg*, визначали фітотоксичність водної витяжки проб ґрунту та проводили оцінку якості атмосферного повітря за інтегральним показником співвідношення хлорофілу *a* і *b* (Chl *a* / Chl *b*) у листі кульбаби. Для проведення кількісної оцінки якості довкілля автором було розроблено формулу розрахунку комплексного коефіцієнту якості довкілля.

Ключові слова: біотестування, компоненти довкілля, комплексна оцінка, фітотоксичність, хронічна токсичність води, співвідношення хлорофілу *a* та *b*.

Krainiukov Oleksii, Kuzminova Anastasiia

V.N. Karazin Kharkiv National University

COMPLEX ECO-TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY (ON THE EXAMPLE OF LYUBOTYN)

Summary. The article presents the results of a complex eco-toxicological assessment of environmental quality, based on the example of Lyubotyn. In this work, toxicological properties of soils, atmospheric air and natural waters are studied using biotesting and bioindication methods. This allows to determine complex influence of existing pollutants on living organisms and to assess environmental quality without a complete chemical analysis of its components. This approach is relevant for optimizing the environmental quality assessment, saving time and resources. Main tasks of work: to select samples of water, soil, dandelion leaves and to study chronic water toxicity, phytotoxicity of aqueous extraction from soil samples, to determine the ratio of chlorophyll *a* and *b* in the leaves; to analyze the results; to calculate the complex coefficients of the environmental quality of the research area. The territory of the Lyubotin City Council was selected for the study. There are situated 6 ponds: "Karavanskyi", unnamed, "Sovyshanskyi", "Pevnyi", "Fifth" and "Sixth". Sampling and toxicological studies were conducted in June 2018 and April 2019. During the study, biotesting was performed to determine the chronic toxicity of water using the crustaceans – *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg*. Also determining the phytotoxicity of aqueous extraction from soil samples and evaluating the quality of atmospheric air by the integral indicator of the ratio of chlorophyll *a* and *b* (Chl *a* / Chl *b*) in dandelion leaves were performed. To quantify the environmental quality, the author developed a formula for calculating the complex coefficient of the environmental quality. According to the results of the calculation of the complex coefficient of the environmental quality, it was found that in June 2018, the "Sixth" pond and the unnamed pond had the coefficient values – 0.96. The lowest coefficient value (0.68) was calculated for the "Fifth" pond. According to the results for April 2019, "Karavanskyi" pond and "Pevnyi" pond had the highest coefficient values – 0.97. "Sovyshanskyi" pond had the lowest coefficient value – 0.93. The environmental quality of the 6 ponds selected for the study is quite high – the values of the complex coefficient of the environmental quality are close to optimal.

Keywords: biotesting, environmental components, complex assessment, phytotoxicity, chronic water toxicity, ratio of chlorophyll *a* and *b*.

Постановка проблеми. Сучасне життя нашого суспільства разом зі змінами середовища, що створювала життєдіяльність минулих поколінь, призвели до того, що людство вже не може дозволити собі не помічати глобальні екологічні проблеми. Зміна клімату, кислотні дощі, інтенсифікація геологічних процесів – на все це значний вплив має діяльність сучасного людства.

Для боротьби із забрудненням довкілля різними речовинами наразі використовують методи нормування та лімітування їх внесення у середовища при здійсненні господарської діяльності людини. Але визначені нормативи, такі як, наприклад, ГДК (гранично допустима концентрація) речовин, насамперед, направлені на захист життя

і здоров'я людей. Тому, визначити безпечний вміст речовин у довкіллі, тим паче з врахуванням їх комплексної дії на живі організми, є досить складним завданням. Але, вирішити його дозволяють сучасні методи еколого-токсикологічних досліджень, такі як біотестування та біоіндикація. У даній роботі досліджуються токсикологічні властивості ґрунтів, атмосферного повітря та природних вод з використанням методів біотестування та біоіндикації, що дозволяє визначити комплексний вплив наявних у середовищах забруднювачів на живі організми. Це дає змогу комплексно оцінити якість довкілля обраної для дослідження території без повного хімічного аналізу складових компонентів довкілля. Такі методи дослідження дозволяють

визначити необхідність використання для дослідження якості середовища хімічного аналізу, який є довшим, більш енерго- та матеріалоемним процесом. Розповсюдження такого підходу наразі є актуальним для оптимізації оцінки якості довкілля задля економії часу та ресурсів на її виконання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасні наукові дослідження направлені як на вивчення самого процесу біотестування, факторів, що впливають на нього, так і на оцінку якості різних компонентів довкілля за допомогою біологічних методів.

Наприклад, у статті [10] надано наукову та теоретичну основу для біотестування природної та питної води. Вивчено структуру процедури біотестування в цілому та методологічні підходи щодо оцінки якості низько забруднених вод зокрема. Наведені визначення для процесу біотестування та описані фізико-хімічні чинники, що впливають на результати біотестів. Також, наведені приклади позитивного досвіду використання інтегрованого біотестування для природної та питної води.

Також дослідження не оминають і питання впровадження біотестування у систему нормування забруднення довкілля. У статті [3] визначаються фактичні рівні токсичності та встановлюються нормативи гранично допустимих рівнів токсичності для понад 100 випусків стічних вод у водні об'єкти. Для цього використовувались методи біотестування та узагальнення. Завдяки впровадженню метода біотестування в систему нормування і контролю забруднення водних об'єктів стічними водами спостерігається поступове зменшення токсикогенного навантаження на водну екосистему басейну Дніпра. Доповнення існуючої системи нормування забруднення поверхневих вод інтегральним токсикологічним показником їх якості є ефективним засобом обмеження подальшого антропогенного навантаження на аквально ландшафти.

Досить доречним є використання методу біотестування для оцінки якості води рибогосподарських водойм, так як це дає змогу визначити сумарний токсичний ефект на живі організми. У статті [5] представлено результати визначення токсичності води рибогосподарських водойм за допомогою біотестування на *Daphnia magna Straus*. Висновок про наявність хронічної дії робили на підставі встановлення достовірності відмінності між показниками виживаності або плодючості в контрольній і тестованих пробах води. У дослідях на дафніях встановлено, що досліджувані проби води з рибогосподарських водойм не мали вираженої гострої токсичної дії. Тому для більш детального аналізу проби води доцільно провести довготривале біотестування, яке дозволяє визначити хронічну токсичну дію води за рахунок зниження їх виживаності та плодючості.

Серед біологічних методів для оцінки токсичного ефекту ґрунтового середовища на рослини використовують біоіндикацію. У статті [4] показані наявні методи біологічних досліджень стану навколишнього середовища. Проведено експериментальні біоіндикаційні дослідження на вівсі *Avena sativa L.*, який вирощувався у лабораторних умовах та на сільськогосподарських ділянках у смт Липці Харківського району та у м. Харків в районі Коксохімзаводу в липні 2017 року. Ви-

значали оптичну щільність витяжки пігментів на спектрофотометрі ULAB-102 та концентрацію хлорофілів а і b і каротиноїдів у ній. Встановлено, що у витяжці пігментів із зерен вівса, які було прощано у лабораторних умовах у термоліоміноста-ті співвідношення $Chl\ a / Chl\ b$ та $(Chl\ a + b) / car$ є найвищим у порівнянні із іншими двома ділянками, що може бути обумовлено більш сприятливими умовами при проростанні зерен вівса, а також відсутністю антропогенного впливу.

Біотестування дозволяє порівняти якість середовища без проведення досліджень його хімічного складу. Так у статті [2] було здійснено оцінку токсичності ґрунтів на території м. Кам'янець-Подільського з використанням рослинних біотесторів. Визначено шість точок відбору ґрунтів на узбіччях автомобільних доріг із різною інтенсивністю руху транспорту. Аналіз біотоксичності ґрунтів здійснено за методикою «ростовий тест» (Горова та ін., 2007, 2014). Як тест-об'єкти було обрано *Allium cepa L.*, *Lepidium sativum L.* і *Raphanus sativus L.* Фітотоксичний ефект визначено у відсотках за довжиною кореневої та надземної частини. Дійдено висновку, що ґрунти вздовж автомобільних шляхів м. Кам'янець-Подільського належать до середньозабруднених, а найвразливішим до забрудненості ґрунту серед досліджуваних тест-об'єктів є *A. cepa*.

За допомогою біоіндикаційних методів можна оцінювати і якість атмосферного повітря, досліджуючи його вплив на фотосинтетичний апарат листя рослин, що ростуть на дослідних ділянках. У статті [6] досліджено дію антропогенного навантаження на динаміку концентрації фотосинтезувальних пігментів у листках *Betula pendula L.*, *Robinia pseudoacacia L.* та *Salix alba L.* в умовах степового Придніпров'я. Виявлено, що під дією промислового забруднення вміст суми хлорофілів (a+b) нижчий у дослідних рослин порівняно з контрольними. Показано, що атмосферні забруднювачі зменшують концентрацію окремих форм зелених пігментів листка. За сукупністю вивчених характеристик досліджені види у порядку збільшення їх чутливості до антропогенного навантаження середовища можна розташувати таким чином: *B. pendula* > *R. pseudoacacia* > *S. alba*.

Таким чином, можна дійти висновку, що у сучасних наукових дослідженнях біологічні методи використовуються досить активно. За їх допомогою досліджують якість різних середовищ, таких як вода, ґрунти, атмосферне повітря. Результати наведених вище досліджень вказують на визначеній емпіричним шляхом залежності між якістю середовища та результатами біотестування та біоіндикації, що робить біологічні методи придатними для проведення нормування якості різних компонентів довкілля. Тож, використання біологічних методів є перспективним для різноманітних екологічних досліджень щодо якості довкілля.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз проблеми, останніх досліджень та публікацій вказує на те, що наразі біологічні методи використовуються у екологічних дослідженнях для вивчення окремих компонентів довкілля без проведення комплексної оцінки якості довкілля за декількома компонентами одночасно. Враховуючи безперервний обмін речовиною, енергією та інформацією між

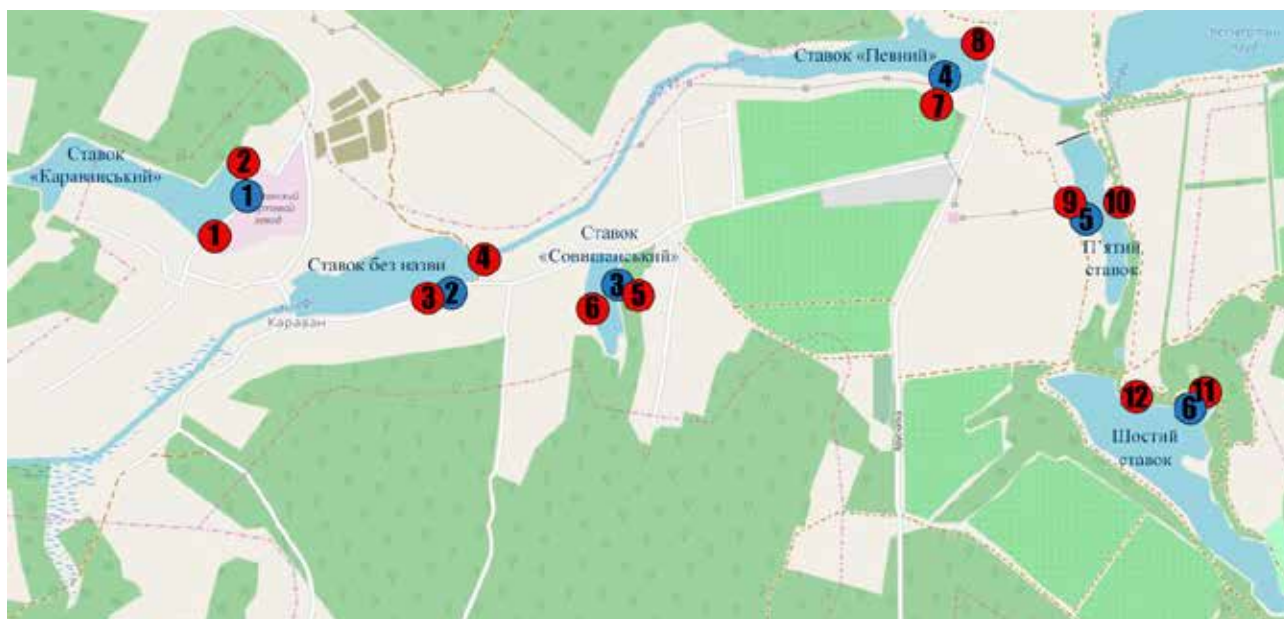


Рис. 1. Картосхема точок відбору проб

Джерело: розроблено автором

усіма компонентами довкілля та необхідність визначення результатів впливу на них антропогенних факторів для проведення нормування, виникає необхідність розробки комплексного підходу до визначення якості довкілля.

Мета статті – провести комплексну еколого-токсикологічну оцінку якості довкілля м. Люботин.

Виклад основного матеріалу. Для проведення дослідження було обрано територію міста Люботин та селища Караван, що відносяться до Люботинської міської ради, на якій розташовано 6 ставків: «Караванський», ставок без назви, «Совишанський», «Півний», «П'ятий» та «Шостий». Район характеризується невеликим антропогенним навантаженням: переважно приватна одно- та двоповерхова забудова, відсутність об'єктів важкої промисловості, відсутність напруженого руху транспорту. Відбір проб та еколого-токсикологічні дослідження відбувалися у 2 етапи: у червні 2018 року та у квітні 2019 року.

На рисунку 1 позначено точки відбору проб води (синім), ґрунту та листя кульбаби (червоним).

Результати дослідження на хронічну токсичність проб води зі ставків (табл. 1) свідчать про те, що у червні 2018 року вода зі ступенем забрудненості «слабко забруднена» виявилась тільки у пробі з «П'ятого» ставка, інші за ступенем забрудненості виявились «чистими». Дослідження,

що проводились з пробами, відібраними у квітні 2019 року показали, що усі зразки за ступенем забрудненості виявились «чистими». Такі результати можуть бути пов'язані з тим, що у червні люди починають відвідувати рекреаційні зони біля води, через що може відбуватись сезонне забруднення водних об'єктів, що використовуються в рекреаційних цілях. Проба води з «П'ятого» ставка відбиралась саме з берега, на якому розташований пляж. На відміну від червня, у квітні водні об'єкти, як правило, не відвідують для купання. Також, у квітні вода ставків розбавлена талими водами та опадами, тому концентрація забруднюючих речовин у ній буде меншою.

Для визначення можливих хімічних факторів, що вплинули на результати біотестування, у квітні 2019 року було проведено аналітичні лабораторні досліджень проб води. Згідно з таблицею 2 значення рН проб води коливаються у діапазоні 7,016-7,8. До ставків з нейтральною водою належать «Караванський» та ставок без назви, до ставків зі слабкою лужною реакцією – «Совишанський», «Півний», «П'ятий», «Шостий». Як нормативи для речовин, що містяться у воді, було використано ГДК для води водойм рибогосподарського призначення [9]. Порівнюючи фактичний вміст цинку у досліджуваній воді, встановлений під час досліджень у лабораторії, з ГДК, бачимо що

Таблиця 1

Результати дослідження проб води

| Назва ставка | Рівень хронічної токсичності, ОТх / Ступінь забрудненості | |
|--------------|---|-----------------|
| | Червень 2018 р. | Квітень 2019 р. |
| Караванський | 1,0 / чиста | 1,0 / чиста |
| Без назви | 1,0 / чиста | 1,0 / чиста |
| Совишанський | 1,0 / чиста | 1,0 / чиста |
| Півний | 1,0 / чиста | 1,0 / чиста |
| П'ятий | 2,0 /слабко забруднена | 1,0 / чиста |
| Шостий | 1,0 / чиста | 1,0 / чиста |

Джерело: розроблено автором

має місце перевищення в усіх пробах у діапазоні 2,04-6,63 разів. Так як результати біотестування води на хронічну токсичність показали, що токсичний вплив відсутній, можна зробити висновок про те, що такі концентрації цинку не чинять токсичної дії на живі організми. За іншими показниками перевищення ГДК відсутнє.

У таблиці 3 наведені результати дослідження проб ґрунту на фітотоксичність. Результати дослідження ступеня забрудненості ґрунтів у червні 2018 року показали, що слабке забруднення з $K_{ЗГ}=1,2$ виявили в одному зразку, відібраному біля ставка «Совишанського». В інших зразках забруднення не було виявлено.

Дослідження у квітні 2019 року показали, що слабке забруднення було виявлено у трьох зразках: біля ставка без назви, «Совишанського» та «Шостого». Такі результати могли бути спричинені потраплянням до ґрунту забруднюючих речовин, перенесених поверхневим стоком, який був більш інтенсивним у квітні, порівняно з червнем, через додавання талих вод, що утворились зі снігу.

Після підрахунку середніх значень $K_{ЗГ}$ для кожного ставка за двома зразками було встановлено, що:

- за результатами дослідження у червні 2018 року рівень забруднення ґрунтів у середньому можна охарактеризувати як «незабруднений»;

- за результатами дослідження у квітні 2019 року рівень забруднення ґрунтів для «Караванського», ставка без назви, «Певного» та «П'ятого» можна охарактеризувати як «незабруднений». Для «Совишанського» та «Шостого» ставок – як такий, що наближений до «слабко забрудненого».

Співвідношення хлорофілу a і b змінюється в ряду рослин тіньовитривалі → світлолюбні → альпійські: 2,5 → 3,5-3,9 → до 5,5 [4]. Кульбаба (лат. *Taraxacum*) є світлолюбною рослиною, тому для неї оптимальним є співвідношення хлорофілу a і b в діапазоні від 3,5 до 3,9. Якість атмосферного повітря впливає на фізіологічні процеси рослин, тому було вирішено вважати, що при оптимальному співвідношенні хлорофілу a і b у листі кульбаби якість атмосферного повітря у місці її зростання є оптимальною.

Результати визначення співвідношення концентрацій хлорофілу a та b у листі кульбаби у червні 2018 року (рис. 2) показали, що серед усіх зразків оптимальні значення досліджуваного параметра були виявлені у зразках, відібраних біля «П'ятого» ставка – 3,68 та 3,62 відповідно. Значення співвідношення концентрацій хлорофілу a та b у інших зразках варіюють у діапазоні від 2,62 (1 зразок біля «Караванського» ставка) до 3,2 (1 зразок біля «Шостого» ставка).

Результати визначення співвідношення концентрацій хлорофілу a та b у листі кульбаби

Таблиця 2

Результати аналітичних лабораторних досліджень проб води у квітні

| Параметр | Назва ставка | | | | | | Норматив згідно [9] |
|---------------------------------|--------------|-----------|--------------|--------|--------|--------|---------------------|
| | Караванський | Без назви | Совишанський | Певний | П'ятий | Шостий | |
| pH | 7,016 | 7,071 | 7,55 | 7,68 | 7,80 | 7,78 | 7,87 |
| Прозорість, см | 25 | 21 | 22 | 22 | 22 | 23 | 30 см |
| Каламутність ОМФ | 1,41 | 2,2 | 1,88 | 2,04 | 2,0 | 1,89 | 0,96 |
| Нітрати, мг/дм ³ | 2,3 | 3,4 | 2,7 | 2,5 | 2,7 | 2,88 | 40 |
| Хлориди, мг/дм ³ | 48 | 68 | 48 | 52 | 30 | 30 | 300 |
| Лужність, ммоль/дм ³ | 6,6 | 7,2 | 7,2 | 7,5 | 6,1 | 5,8 | 7,1 |
| Окисно-відновний потенціал, ррп | 386 | 575 | 444 | 442 | 273 | 237 | 700 |
| Цинк, мг/дм ³ | 0,0485 | 0,0662 | 0,0204 | 0,0231 | 0,0663 | 0,0287 | 0,01 |
| Кадмій, мг/дм ³ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,005 |
| Марганець, мг/дм ³ | 0,0005 | 0,0067 | 0,0009 | 0,0011 | 0,0002 | 0,0001 | 0,01 |
| Хром, мг/дм ³ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0 | 0,02 |
| Мідь, мг/дм ³ | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0 | 0,0001 | 0,001 |
| Залізо, мг/дм ³ | 0,0075 | 0,0024 | 0 | 0,0021 | 0,0046 | 0,0001 | 0,1 |

Джерело: розроблено автором

Таблиця 3

Результати дослідження проб ґрунту на фітотоксичність

| Назва ставка | Ступінь забрудненості ґрунтів, $K_{ЗГ}$ | | | | | |
|--------------|---|---------|---------|-----------------|---------|---------|
| | Червень 2018 р. | | | Квітень 2019 р. | | |
| | 1 проба | 2 проба | Середнє | 1 проба | 2 проба | Середнє |
| Караванський | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Без назви | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,2 | 1,1 |
| Совишанський | 1,2 | 1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,15 |
| Певний | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| П'ятий | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,1 | 1,05 |
| Шостий | 1 | 1 | 1 | 1,2 | 1,1 | 1,15 |

Джерело: розроблено автором

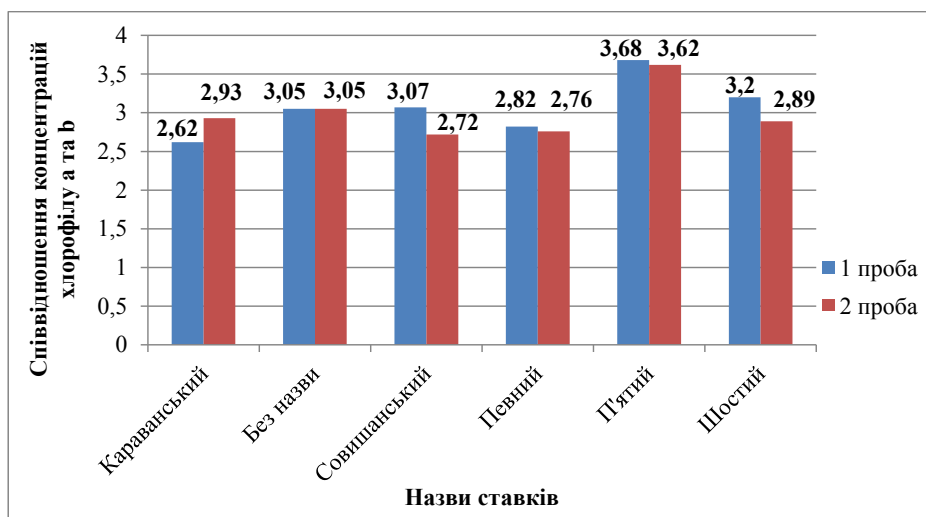


Рис. 2. Результати дослідження проб листя кульбаби (червень 2018 р.)

Джерело: розроблено автором

у квітні 2019 року (рис. 3) показали, що серед усіх зразків оптимальні значення досліджуваного параметра були виявлені у 1 зразку, відібраному біля «Совишанського» ставка – 3,51 та у 1 зразку, відібраному біля «Шостого» ставка – 3,62. Значення співвідношення концентрацій хлорофілу *a* та *b* у інших зразках варіюють у діапазоні від 2,99 (1 зразок біля «П'ятого» ставка) до 3,49 (1 зразок біля ставка без назви).

Для можливості розрахунку комплексних коефіцієнтів якості території дослідження було вирішено розрахувати коефіцієнт оптимального співвідношення концентрацій хлорофілу *a* та *b* (K_{CHL}) методом пропорції (табл. 4, 5). Значенню цього коефіцієнта «1» відповідає значення співвідношення концентрацій хлорофілу *a* та *b* «3,5».

Для проведення комплексної еколого-токсикологічної оцінки якості довкілля було вирішено розрахувати комплексний коефіцієнт якості довкілля за такою формулою:

$$K_{COMPLEX} = \frac{(1 - OT_x + 1) + (1 - K_{ЗГ} + 1) + K_{CHL}}{3}, \quad (1)$$

де OT_x – рівень хронічної токсичності води; $K_{ЗГ}$ – ступінь забрудненості ґрунтів; K_{CHL} – коефіцієнт співвідношення хлорофілу *a* та *b*.Оптимальним вважається значення $K_{COMPLEX} \geq 1$.

За результатами розрахунку комплексного коефіцієнту якості довкілля у червні 2018 року було встановлено, що найвищі значення мають «Шостий» ставок та ставок без назви зі значеннями коефіцієнту – 0,96. Найменше значення коефіцієнту (0,68) було розраховано для «П'ятого» ставка, що переважно зумовлене виявленням забруднення води.

За результатами розрахунку комплексного коефіцієнту якості довкілля у квітні 2019 року було встановлено, що найвищі значення мають «Караванський» ставок та «Певний» зі значеннями коефіцієнту – 0,97. Найменше значення коефіцієнту було розраховано для «Совишанського» ставка і становить 0,93.

При зіставленні результатів дослідження проб води, ґрунтів та листя кульбаби, проведених у два етапи, неможливо встановити чіткий зв'язок між ними. За наявними даними можна зробити висновок про те, що незначне забруд-

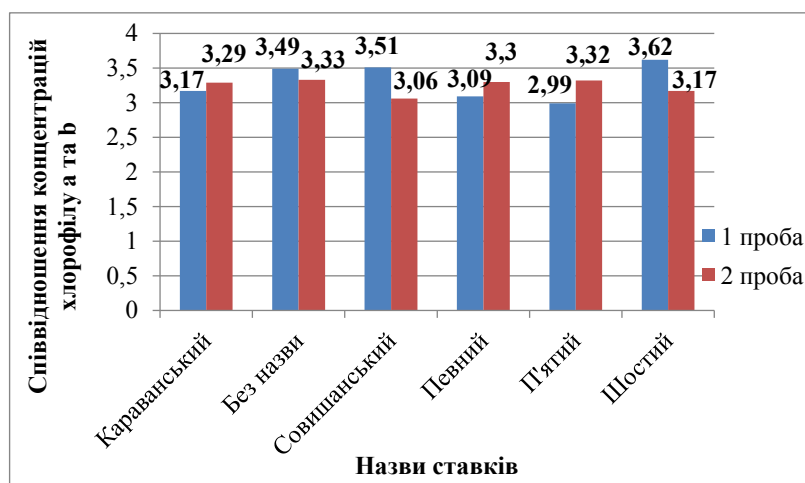


Рис. 3. Результати дослідження проб листя кульбаби (квітень 2019 р.)

Джерело: розроблено автором

Таблиця 4

Коефіцієнти оптимального співвідношення концентрацій хлорофілу а та b у зразках, відібраних у червні 2018 року

| Назва ставка | $C_{Chl\ a}/C_{Chl\ b}$ | | $K_{СНЛ}$ | | |
|--------------|-------------------------|---------|-----------|---------|---------|
| | 1 проба | 2 проба | 1 проба | 2 проба | Середнє |
| Караванський | 2,62 | 2,93 | 0,75 | 0,84 | 0,79 |
| Без назви | 3,05 | 3,05 | 0,87 | 0,87 | 0,87 |
| Совишанський | 3,07 | 2,72 | 0,88 | 0,78 | 0,83 |
| Певний | 2,82 | 2,76 | 0,81 | 0,79 | 0,80 |
| П'ятий | 3,68 | 3,62 | 1,05 | 1,03 | 1,04 |
| Шостий | 3,20 | 2,89 | 0,91 | 0,83 | 0,87 |

Джерело: розроблено автором

Таблиця 5

Коефіцієнти оптимального співвідношення концентрацій хлорофілу а та b у зразках, відібраних у квітні 2019 року

| Назва ставка | $C_{Chl\ a}/C_{Chl\ b}$ | | $K_{СНЛ}$ | | |
|--------------|-------------------------|---------|-----------|---------|---------|
| | 1 проба | 2 проба | 1 проба | 2 проба | Середнє |
| Караванський | 3,17 | 3,29 | 0,91 | 0,94 | 0,92 |
| Без назви | 3,49 | 3,33 | 1,00 | 0,95 | 0,97 |
| Совишанський | 3,51 | 3,06 | 1,00 | 0,87 | 0,94 |
| Певний | 3,09 | 3,3 | 0,88 | 0,94 | 0,91 |
| П'ятий | 2,99 | 3,32 | 0,85 | 0,95 | 0,90 |
| Шостий | 3,62 | 3,17 | 1,03 | 0,91 | 0,97 |

Джерело: розроблено автором

нення одного з компонентів довкілля не спричиняє погіршення якості іншого. Можна припустити, що при більш значному забрудненні одного з компонентів довкілля буде відбуватись погіршення якості пов'язаного з ним потоками речовини та енергії іншого компонента. Для доведення цього припущення необхідно проводити дослідження на території, що піддається більш значним негативним антропогенним впливам.

Для порівняння результатів, отриманих за два етапи дослідження (у червні 2018 року та квітні 2019 року) було побудовано діаграму (рис. 4). Загалом, можна спостерігати підвищення значень комплексного коефіцієнта якості довкілля, крім «Шостого» ставка (порівняно з червнем 2018 року у квітні 2019 значення зменшилось на 0,2). Суттєве зростання значення коефіцієнта порівняно з попереднім етапом дослідження простежується

для «П'ятого» ставка – значення зросло на 0,27, що пояснюється відсутністю забруднення води, на відміну від червня 2018 року.

Загалом, якість довкілля на території 6 обраних для дослідження ставків досить висока – значення комплексного коефіцієнта близькі до 1.

Висновки і пропозиції. Під час дослідження була проведена комплексна еколого-токсикологічна оцінка якості довкілля ділянки території Люботинської міської ради, на яких розташовані 6 обраних для дослідження ставків. Під час проведення дослідження було розроблено формулу розрахунку комплексного коефіцієнту якості довкілля на базі результатів визначення хронічної токсичності проб води, фітотоксичності водної витяжки проб ґрунту та співвідношення концентрацій хлорофілу а та b у листі. Результати досліджень показали, що визначені для території

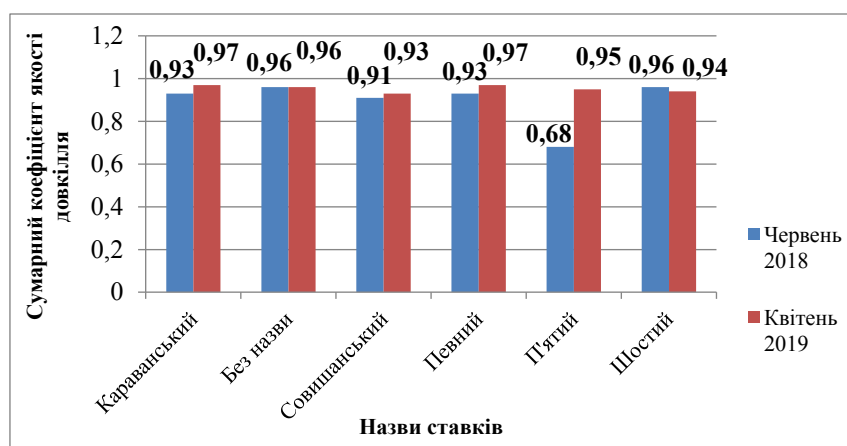


Рис. 4. Значення комплексного коефіцієнту якості довкілля, розрахованого за 2 етапи досліджень

Джерело: розроблено автором

6 ставків показники комплексного коефіцієнту якості довкілля мають значення, близькі до оптимального, але іноді спостерігається слабке погіршення якості деяких компонентів. Для визначення причин цих явищ необхідно провести додаткові дослідження хімічного складу та властивостей компонентів довкілля. Використання запропонованого підходу у дослідженнях якості довкілля рекомендовано для оцінки територій, що піддаються більш значному негативному антропогенному впливу, для виявлення і підтвердження зв'язку між результатами дослідження різних компонентів довкілля. Запропонований підхід у проведенні еколого-токсикологічних

досліджень направлений на розробку процедури нормування якості довкілля з урахуванням впливу саме на живі організми екосистем, на відміну від існуючого підходу, де усі показники нормуються з позиції впливу на людину. Даний підхід дає можливість виявляти негативні процеси порушення екологічної рівноваги в екосистемах на рівні чутливих до змін організмів. Проведення таких досліджень дає можливість вчасно провести превентивні заходи з поліпшення якості довкілля для попередження або зменшення негативного впливу на людину, як організм, що є менш чутливим до впливу факторів середовища, ніж тест-об'єкти.

Список літератури:

1. Авксентьева О.О., Жмурко В.В., Шоголев А.С., Юхно Ю.Ю. Физиология та біохімія рослин – малий практикум : навчально-методичний посібник. Харків : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. 152 с.
2. Григорчук І.Д. Використання рослинних біоіндикаторів для оцінки токсичності ґрунтів на території м. Кам'янець-Подільського. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*. 2016. Том 8. Вип. 2. С. 212–218.
3. Крайнюков О.М. Встановлення нормативів гранично допустимих рівнів токсичності стічних вод на основі застосування конструктивно-географічної методології суб'єкт-об'єктних відносин. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2017. Вип. 16. С. 22–28.
4. Крайнюков О.М., Стріян К.О., Крайнюков О.О. Біоіндикаційні методи спостережень за станом навколишнього середовища. *Молодий вчений*. 2017. Вип. 12. С. 16–19.
5. Назаренко С.М. Оцінка токсичності води рибогосподарських водойм за допомогою біотестування на *Daphnia magna* Straus. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2014. Том 16. № 3(60). Ч. 3. С. 353–357.
6. Юсипіва Т., Вегерич В. Динаміка вмісту фотосинтезувальних пігментів у листках деревних рослин у техногенних умовах зростання. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2014. Вип. 65. С. 189–196.
7. Методика визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. Методика: КНД 211.1.4.056-97. *Біотестування у природоохоронній практиці* / заг. ред. А.М. Крайнюкова. Київ, 1997. 24 с.
8. Спосіб визначення ступеня забрудненості ґрунтів: пат. 113560 Україна: МПК G01N 33/24. № 201605283; заявл. 16.05.2016; опубл. 10.02.2017, Бюл. № 3.
9. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. Москва: ВНИОРХ, 1990. 44 с.
10. Goncharuk V.V., Kovalenko C.F. Biological methods of water treatment: Theoretical aspects of natural and drinking water biotesting. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 2012. Vol. 34, No.2. Allerton Press, Inc., 2012. Pp. 103–106.

References:

1. Avksentieva, O.O., Zhmurko, V.V., Shchoholiev, A.S., & Yuhno, Y.Y. (2013). *Fiziologhiia ta biokhimiia roslin – Maliy praktykum navchalno-metodychny posibnyk* [Plant physiology and biochemistry – a small practicum: a manual]. Kharkiv : V.N. Karazin KhNU. (in Ukrainian)
2. Hryhorchuk, I.D. (2016). Vykorystannia roslynykh bioindykatoriv dlia otsinky toksychnosti gruntiv na terytorii m. Kamiansia-Podilskoho [Use of plant bioindicators for soil toxicity assessment in Kamianets-Podilskiy]. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Biology (Biological Systems)*, vol. 2(8), pp. 212–218.
3. Krainiukov, O.M. (2017). Vstanovlennia normatyviv hranychno dopustymykh rivniv toksychnosti stichnykh vod na osnovi zastosuvannia konstruktivno-geografichnoi metodologii sub'iekt-ob'iektnykh vidnosyn [Establishment of maximum permissible levels standards of wastewater toxicity on the basis of application of constructive-geographical methodology of subject-object relations]. *Bulletin of VN Karazin KhNU. Ecology serie*, vol. 16, pp. 22–28.
4. Krainiukov, O.M., Striian, K.O., & Krainiukov, O.O. (2017). Bioindykatsiini metody sposterezhen za stanom navkolyshnoho seredovyshcha [Bioindication methods for monitoring the state of the environment]. *Young scientist*, vol. 12, pp. 16–19.
5. Nazarenko, S.M. (2014). Otsinka toksychnosti vody rybohospodarskykh vodoim za dopomohoiu biotestuvannia na *Daphnia magna* Straus [Water toxicity assessment of fishery reservoirs by bioassay on *Daphnia magna* Straus]. *Scientific Bulletin of S. Z. Gzhyskyi Lviv NU of Veterinary Medicine and Biotechnology*, vol. 16, no. 3(60), part 3, pp. 353–357.
6. Yusypiva, T., & Veherych, V. (2014). Dynamika vmistu fotosintezuvalnykh pihmentiv u lystkakh derevnykh roslin u tekhnohennykh umovakh zrostannia [Dynamics of photosynthetic pigments content in leaves of woody plants under conditions of technogenic growth]. *Bulletin of the University of Lviv. Biology Series*, vol. 65, pp. 189–196.
7. Krainiukova, A.M. (ed.) (1997). Metodyka vyznachennia khronichnoi toksychnosti vody na rakopodibnykh *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. Metodyka: KND 211.1.4.056-97 [Methodology of chronic water toxicity determination on crustaceans *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. Methodology: MRD 211.1.4.056-97]. *Biotestuvannia u pryrodookhoronni praktytsi* [Biotesting in nature conservation practice]. Kyiv. (in Ukrainian)
8. Krainiukov, O.M., & Kryvytska, I.A., inventors (2017). Sposib vyznachennia stupenia zabrudnenosti gruntiv [Method of determining the degree of soil contamination]. Ukrainian patent, no. 113560.
9. All-Union Research Institute of Lake and River Fisheries (1990). *Obobshchennyi perechen' predel'no dopustymykh kontsentratsiy (PDK) i orientirovочно bezopasnykh urovney vozdystviya (OBUV) vrednykh veshchestv dlya vody rybokhozyaystvennykh vodoemov* [A generalized list of maximum permissible concentrations (MPC) and approximately safe exposure levels (ASEC) of harmful substances for water in fishery reservoirs]. Moscow: ARILRF. (in Russian)
10. Goncharuk, V.V., & Kovalenko, C.F. (2012). Biological methods of water treatment: Theoretical aspects of natural and drinking water biotesting. *Journal of Water Chemistry and Technology*, Allerton Press, Inc., vol. 34, no. 2, pp. 103–106.