

УДК [(502.51: 504.5): 574.64] (285.2) (477.82.1 – 751.2)

ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СПРЯМОВАНOSTI ГІДРОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ОЗЕРІ ПІСОЧНЕ ШАЦЬКОГО ПАРКУ

Ю. Ситник*, Н. Осадча**, П. Шевченко***, Ю. Забитівський****

*Інститут гідробіології НАН України
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210, Україна
e-mail: sytnyk@mail.ru

**Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут
просп. Науки, 37, Київ 03028, Україна

***Національний університет біоресурсів і природокористування України
корп. 1, вул. Героїв оборони, 19, Київ 03140, Україна

****Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: yurafish@ukr.net

Викладено результати еколого-токсикологічних досліджень озера Пісочне (Шацький національний природний парк), які були проведені в 1990–2005 рр. Визначено вміст важких металів, пестицидів, летких фенолів і поверхнево-активних речовин в абіотичних складових цієї озерної екосистеми. Показано зростаючий антропогенний вплив на екосистему озера Пісочне.

Ключові слова: еколого-токсикологічні дослідження, важкі метали, нафтопродукти, феноли, поверхнево-активні речовини, озеро Пісочне.

Якість води озер Шацького поозер'я має першочергове значення як для самих водойм, так і для суспільства. Ці гідрофізичні та гідробіологічні параметри є результатом взаємодії усіх компонентів екосистеми. Дослідженнями виявлено, що чим більше видів організмів входить до складу екосистеми і чим більша їхня взаємна збалансованість, тим стійкішою є екосистема і тим вищою є її здатність до самоочищення води [22]. Характеристика екологічного стану водойми включає показники цілої низки взаємодій, які дають змогу з року в рік підтримувати внутрішню стабільність. Остання зникає при переході екологічної системи на інший рівень функціонування. Озера через накопичення у них біогенних елементів авто- чи алохтонного походження зазнають евтрофікації, результатом якої є перехід озерної екосистеми в болотну, що видно на прикладі таких озер Шацького національного природного парку, як Озерце, Мошне та Карасинець.

З ростом рекреації в останні роки антропогенний вплив на водні екосистеми Шацького поозер'я збільшився, і це відобразилося на екологічному стані цих озер, які належать до водойм зі сповільненим водообміном [11, 13, 15]. Швидкість евтрофікації значною мірою залежатиме від антропогенного чинника у вигляді надходження біогенних і токсичних речовин в акваторію озер. До токсичних речовин належать важкі метали, нафтопродукти, феноли, пестициди, поверхнево-активні речовини (ПАВ), а також інші речовини, які потрапляють у водойми в надмірно великій концентрації. На відміну від решти озер Шацької групи, озеро Пісочне не має поверхневого стоку, коефіцієнт його водного обміну становить 0,11, а період водообміну – 8,97 року, що створює умови для акумуляції агентів ало- та автохтонного походження [11]. Процес забруднення поширю-

Валовий вміст важких металів у воді навіть за значних величин може бути і нешкідливим для риб і гідробіонтів, якщо значна частина металу перебуває в закомплексованому стані, тобто є практично недоступною для гідробіонтів.

Відомо, що в малопроточних водоймах і замкнених водних об'єктах каламутність невелика, тут більше 90% важких металів мігрує у дійсно розчиненому стані. Озера Шацького НПП розділяють на 4 групи за прозорістю води [3]. Озеро Пісочне, поряд зі Світязем та Перемутом, відносять до першої групи, де власне прозорість становить більше 4 м. З іншого боку, велика прозорість води поряд із заростанням водойм вищою водною рослинністю, зменшенням рибопродуктивності й тугорослістю риби є свідченням процесів закислення водойм [3, 21]. На цей гідрофізичний показник необхідно звертати увагу, тому що зі зменшенням рН та, опосередковано, показників прозорості, збільшується розчинність у воді важких металів. Фізіологічна активність важких металів щодо гідробіонтів і риб зокрема визначається їх фізико-хімічними формами перебування у воді. Найбільш доступними для водних організмів є незакомплексовані або вільні іони важких металів, їх гідрокомплекси та деякі інші низькомолекулярні комплексні сполуки. Важкі метали, які складають комплекси з природними органічними речовинами (гумінові та фульвокислоти, білки, амінокислоти й інші) є біологічно недоступними або малоактивними. Високомолекулярні сполуки металів не можуть проникнути через мембрану клітини і, відповідно, зашкодити їй. В озері Пісочне у 1991 р. лише 12,5% валового вмісту міді є в закомплексованому стані, а 87,5% – у вільному [18], що свідчить про існуючу загрозливу ситуацію для гідробіонтів щодо цього елемента, як у минулому, так і ще більше у 2002 р.

Ще однією групою токсичних речовин, які потрапляють у природні води зі стічними промисловими та господарсько-побутовими водами, є нафтопродукти. У результаті процесів випаровування, сорбції, біохімічного та хімічного окислення концентрація нафтопродуктів у воді може суттєво знижуватися. Швидкість цих процесів залежить від складу нафтопродуктів, температурного режиму водного об'єкта, інтенсивності розвитку мікроорганізмів, що їх утилізують. У момент потрапляння у воду основна маса нафтопродуктів зосереджена в поверхневій плівці. З віддаленням від джерела забруднення відбувається перерозподіл між основними формами міграції, спрямований у бік підвищення частки розчинених, емульгованих, сорбованих сполук і відповідного зменшення їх вмісту у плівці. Нафтопродукти негативно впливають на організм гідробіонтів, фізичний, хімічний і біологічний стан водного об'єкта. Нафтопродукти, на рівні з пестицидами та важкими металами, є найбільш небезпечними токсичними речовинами для довкілля, в тому числі й водного середовища. ГПК (санітарно-гігієнічні) нафтопродуктів для прісних вод становить 0,3 мг/дм³, а ГПК (рибогосподарські) – 0,05 мг/дм³ [14]. Найбільш небезпечними є конденсовані вуглеводні типу 3,4-бензопірену, які мають канцерогенні властивості. Їх наявність у воді неприпустима. У незабруднених нафтопродуктами водних об'єктах (річках і озерах) концентрація природних вуглеводнів коливається від 0,01 до 0,20 мг/дм³, іноді досягаючи 1,0–1,5 мг/дм³.

Згідно з рядом робіт [20, 9, 8], проведених у 1992 р. на озері Пісочне, вміст нафтопродуктів не перевищує ГПК, хоча зауважена тенденція до його зниження після завершення рекреаційного сезону на 20% (табл. 2).

До групи токсичних належать також синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), здатні адсорбуватися на поверхні розподілу фаз і внаслідок цього знижувати їх поверхневе напруження. Розчини СПАР здатні змінювати змочуваність водою твердих

Таблиця 2

Вміст нафтопродуктів, летких фенолів і синтетичних поверхнево-активних речовин у пелагіалі озера Пісочне в 1992 р., мкг/дм³ [20, 9, 8]

Дата відбору	Ділянка озера, шар, станція	Нафтопродукти	Леткі феноли	Синтетичні поверхнево активні речовини	
				аніонні	катионні
5.07.1992	Пелагіаль, поверхневий шар	85,0	0,8	4,0	80,0
5.10.1992	Пелагіаль, поверхневий шар	68,7	0,7	14,0	126,8
	ГПК <i>рибогоспод.</i> , мкг/дм ³	50	1	100	12

тіл і стійкість дисперсних систем емульсій, різних пін і суспензій. Унаслідок цього численні СПАР володіють ефективною дією та входять до складу синтетичних пральних засобів – детергентів [10].

У водні об'єкти СПАР потрапляють з побутовими та промисловими стічними водами. У поверхневих водах СПАР перебувають у розчиненому і сорбованому станах, а також у поверхневій плівці води. У слабкозабруднених поверхневих водах концентрації СПАР коливаються в межах тисячних і сотих часток міліграма на дм³. У зонах забруднення їх концентрації підвищуються до десятих часток міліграма на літр, поблизу джерела забруднення – кількох міліграм. Потрапляючи у водойми, СПАР впливають на їх фізико-хімічний стан, погіршуючи кисневий режим і органолептичні властивості – смак, запах тощо, і зберігаються там протягом тривалого часу, оскільки розкладаються досить повільно. Головним фактором зниження їх концентрації є процеси біохімічного окислення, сорбція завислими речовинами та донними відкладами. Розроблені гранично допустимі концентрації (ГДК): аніонні СПАР – рибогосподарські ГДК становлять 0,10 мг/дм³ [19]; катионні СПАР – рибогосподарські ГДК становлять 0,012 мг/дм³ [1].

Згідно з даними 1992 років, для озера Пісочне існує небезпека з боку катионних СПАР, які перевищують ГДК у 6,6–10,5 разу (табл. 2). Збільшення їх концентрації в осінній період дає змогу не відносити їх до безпосереднього впливу рекреаційного періоду. Тому джерела слід шукати у стаціонарних установах, розташованих на узбережжях озера Пісочне. Оскільки вони не підлягають активному біологічному розкладові, то становлять небезпеку, акумулюючись у поверхневому шарі. Особливу загрозу вони становлять у весняний період, коли погіршення газового режиму води негативно впливає на розвиток мальків риб та інших оксифільних гідробіонтів.

Леткі феноли у високих концентраціях також належать до класу токсичних речовин. У природних умовах феноли утворюються в процесах метаболізму водних організмів, при біохімічному окисленні та трансформації органічних речовин. Вони є одними з найпоширеніших забруднюючих речовин, що надходять у природні води і як прижиттєві виділення, і після відмирання водної рослинності в осінньо-зимовий період.

У незабруднених або слабкозабруднених прісних водах концентрації фенолів звичайно не перевищують 20 мкг/дм³. Забруднення водойм фенолами різко погіршує їх загальний санітарний стан і пригнічує нормальний розвиток гідробіонтів. Їх ГПК становить 0,001 мг/дм³ [14].

В озері Пісочне концентрація летких фенолів коливається в гранично допустимих межах. Хоча, за даними інших дослідників, придонні шари води більш насичені

фенольними сполуками, ніж поверхневі, та містять у своєму складі важкі фракції цих сполук [9, 20]. Неоднорідність у розподілі фенольних сполук по всій акваторії озера Пісочне свідчить про те, що основна маса цих речовин утворюється за рахунок життєдіяльності бактерій і продуктів прижиттєвого виділення, відмирання та розкладу гідробіонтів, насамперед фітопланктону; а також різноманітних біохімічних процесів, що перебігають із різною інтенсивністю в пелагічних і літоральних ділянках озера. В цей час у воді різко зростає концентрація різноманітних органічних речовин, у тому числі й легких (природних) фенолів (ароматичних оксисполук).

Стан озера Пісочне відображається в аналізі хімічного складу води у 1992–2002 рр. (табл. 3).

Таблиця 3

Гідрохімічні показники озера Пісочне протягом 1992–2002 рр.

Показники	07.1992	06.2001	08.2001	10.2001	04.2002	06.2002	07.2002
pH	8,03	8,15	8,00	7,7	7,8	7,6	8,1
O мг/л	8,7	9,5	8,5	7,6	7,4	8,3	8,9
NO ₂ мг/л	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
PO ₄ мг/л	0,010	0,006	0,040	0,030	0,050	0,055	0,057
PO мг/л	6,4	3,34	6,86	5,6	4,38	5,12	4,22
HCO ₃ мг/л	67,2	–	–	122,0	61,0	79,3	61,0
Cl мг/л	11,5	6,46	7,80	10,42	10,42	6,98	6,25
Ca мг/л	20,4	–	–	8,00	20,00	12,00	16,00
Mg мг/л	1,7	–	–	9,74	2,45	8,5	4,8
SO ₄ мг/л	–	6,00	7,00	5,40	5,70	5,20	5,5

За останні десять років помітно зростає кількість фосфатного навантаження на екосистему озера Пісочне, що прямо пропорційно зв'язано з поступово зростаючим рекреаційним навантаженням на нього. Фосфати входять до складу миючих засобів, як і СПАВ, зростання яких також фіксується від 1992 р. [23].

Удвічі зменшується кількість хлору, про що також було вказано іншими дослідниками [13]. Решта показників залишаються відносно стабільними, якщо врахувати також сезонну динаміку гідрохімічних процесів і характер водності, який не є стабільним з року в рік.

Дані щодо вмісту сульфатів дещо різняться. Так, за даними А. А. Морозової [13], кількість сульфатів в озері Пісочне зросла від 7,1 до 60, 0. За нашими спостереженнями концентрація залишалася стабільною в межах 5,5 мг/л. Однак ці відмінності є в межах гранично допустимих норм.

Таким чином, можна підсумувати, що гідроекологічна ситуація в озері Пісочне вважається відносно стабільною з боку гідрохімічних процесів, однак чітко помітна тенденція негативного впливу рекреаційних процесів на органічне забруднення, виражене забрудненням фенолами, фосфатами та СПАВ. Щодо важких металів, то слід підкреслити зростання валового вмісту міді, яке перевищує ГДК у 20 разів. Слід з'ясувати причини такого зростання з метою її локалізації.

1. Анисова С. Н., Лесников Л. А., Минаева Т. В. и др. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воз-

- действия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М.: Изд-во Мин. электр.пром., 1990. 46 с.
2. *Брагинський Л. П.* Теоретичні передумови: Загальні концепції токсикологічної гідроекології / Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень: теорія, методика, практика використання / За ред. І.Т. Олексіва та Л.П. Брагинського. Львів: Світ, 1995. С. 7–40.
 3. *Виденина Ю. Л., Сытник Ю. М.* Анализ состояния ацидификации Шацких озер по одному из гидрофизических показателей // Вопросы экологии и мелиорации заболоченных земель: Материалы к семинару. Шацк, 28–29 мая 1991 г. 1991. С. 31–32.
 4. *Гош Р. І., Коновалов Ю. Д., Якушин В. М.* Вміст важких металів і фенолів в воді Шацьких озер // Екологічні аспекти осушувальних меліорацій в Україні // Тези доп. конф. К., 1992. С. 124–125.
 5. *Гош Р. І., Якушин В. М., Тимченко В. М.* Рівень забруднення важкими металами води і донних відкладів Шацьких озер // Національні парки в системі екологічного моніторингу: Тези доп. конф. Світязь, 1993. С. 35–37.
 6. *Евтушенко Н. Ю., Сытник Ю. М., Осадчая Н. Н.* Концентрация тяжелых металлов в воде Шацких озер // Вопросы экологии и мелиорации заболоченных земель: Материалы к семинару. Шацк, 28–29 мая 1991 г. С. 27–28.
 7. *Евтушенко М. Ю., Сытник Ю. М., Осадчая Н. М.* Підсумки трьохрічних досліджень вмісту важких металів в компонентах озерних екосистем Шацького національного природного парку // Національні парки в системі екологічного моніторингу: Тези доп. конф. Світязь, 1993. С. 33–35.
 8. *Каленіченко К. П.* Поверхнево-активні речовини у Шацьких озерах // Національні парки в системі екологічного моніторингу: Тези доп. конф. Світязь, 1993. С. 38–39.
 9. *Коновалов Ю. Д.* Рівень забруднення фенолами води Шацьких озер // Національні парки в системі екологічного моніторингу: Тези доп. конф. Світязь, 1993. С. 14–16.
 10. *Кузьменко М. І., Брагинский Л. П., Ковальчук Т. В., Романенко А. В.* Гидроэкологический русско-украинско-английский словарь-справочник / Под ред. акад. В.Д. Романенко. К.: Деміур, 1999. 262 с.
 11. *Львович М. В., Горун А. А.* Загальна характеристика Шацького національного природного парку / Шацький національний природний парк. Наукові дослідження 1983–1993 рр. Світязь, 1994. С. 4–20.
 12. *Морозов Н. П., Петухов С. А.* Микроэлементы в промышленной ихтиофауне Мирового океана. На примере микроэлементов группы металлов. М.: Агропромиздат, 1986. 160 с.
 13. *Морозова А. А.* Основные тенденции изменения качества воды озерных систем Шацкого национального природного парка // Гидробиол. журн. 2006. Т. 42. №4. С. 111–116.
 14. *Мур Дж. В., Рамамурти С.* Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка состояния. М.: Мир, 1987. 286 с.
 15. *Найда В. С.* Пріоритетні аспекти природоохоронної діяльності Шацького національного природного парку // Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку: Матеріали наук. конф. Шацьк, 11–14 вересня 2008 р. Львів, 2008. С. 6–14.
 16. *Никаноров А. М., Жулидов А. В.* Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 327 с.
 17. *Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н.* Методы исследования качества воды водоемов. М.: Медицина, 1990. 400 с.

18. *Осадча Н. М., Ситник Ю. М., Свтушенко М. Ю.* Ступінь закомплексованості міді у воді Шацьких озер // Екологічні аспекти осушувальних меліорацій в Україні: Тези доп. конф. К.: Знання, 1992. С. 120–121.
19. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Охрана окружающей среды / Под ред. Л.П. Шарикова. Л.: Судостроение, 1978. С. 193–222.
20. *Тимченко В. М., Якушин В. М., Олейник Г. Н.* и др. Гидроэкологическая характеристика Шацких озер / Редакция “Гидробиологического журнала” АН Украины. 120 с. Депонирована в ВИНТИ 02.08.1993г., № 2188. В 93.
21. *Тимченко В. М., Ярошевич А. Е., Дячук И. Е.* и др. Некоторые аспекты экологии озер Шацкого национального природного парка / Редакция „Гидробиологического журнала”. Киев, 1989. 43 с. Депонирована в ВИНТИ 20.09.1989, № 5962. В 89.
22. *Яльнская Н. С., Мельник С. П.* Направленность экологической сукцессии Шацких озер // Вестн. Львов. ун-та. Сер. геолог. 1989. Вып. 10. С. 20–26.
23. *Sytynik Ju. M., Nowikow B. I., Osadcza N. M.* et al. Metali ciężkie w wodzie i osadach dennych jezior Szackiego Parku Narodowego / Ekosystemy wodne i torfowiskowe w obszarach chronionych. Pod red. S. Radwana, Z. Karbowskiego, M. Soltysa. Lublin, 1993. S. 127–128.

**ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL ASSESSMENT
OF THE HYDROCHEMICAL PROCESSES TENDENCY IN PISOCHNE
LAKE OF SHATSK PARK**

Yu. Sytynk*, N. Osadcha, P. Shevchenko***, Yu. Zabytivskiy******

**Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine
12, Heroiv Stalingrada St., Kiev 04210, Ukraine
e-mail: sytynk@mail.ru*

***The Ukrainian Research Hydrometeorological Institute
37, Nauki Ave., Kiev 03028, Ukraine*

****National University of Bioresources and of Nature Usage
Corps 1, 19, Heroiv Oborony St., Kiev 03140, Ukraine*

*****Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskiyi St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: yurafish@ukr.net*

There are given the results of ecological and toxicological researches of Pischne Lake (Shatsk National Nature Park) which were carried out in 1990–2005. It is determined the content of the heavy metals, pesticides, phenols and surfactants in abiotic components of this lake ecosystem. It is shown the growing anthropogenic press on Pischne Lake ecosystem.

Key words: ecological and toxicological researches, heavy metals, oil products, phenolums, surfactants, Pischne Lake.

ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАПРАВЛЕННОСТИ ГИДРО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОЗЕРЕ ПЕСОЧНОЕ ШАЦКОГО ПАРКА

Ю. Ситник*, Н. Осадча, П. Шевченко***, Ю. Забытивский******

**Институт гидробиологии НАН Украины
просп. Героев Сталинграда, 12, Киев 04210, Украина
e-mail: sutnyk@mail.ru*

***Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт
просп. Науки, 37, Киев 03028, Украина*

****Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
корп. 1, ул. Героев Оборона, 19, Киев 03140, Украина*

*****Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина
e-mail: yurafish@ukr.net*

Изложены результаты эколого-токсикологических исследований озера Песочное (Шацкий национальный природный парк), проведенные в 1990–2005 годах. Определено количество тяжелых металлов, пестицидов, фенолов и поверхностно-активных веществ в составе абиотических факторов этой озерной системы. Показано возрастающее антропогенное воздействие на экосистему озера Песочное.

Ключевые слова: эколого-токсикологические исследования, тяжелые металлы, нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, озеро Песочное.

Стаття надійшла до редколегії 13.03.09

Прийнята до друку 08.04.09