

Ю.М. Ситник,
кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник
(Інститут гідробіології НАН України, м. Київ);

Н.М. Осадча,
кандидат географічних наук, старший науковий співробітник
(Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ);

П.Г. Шевченко,
кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, доцент
(Національний аграрний університет, м. Київ);

Г.С. Киричук,
кандидат біологічних наук, доцент
(Житомирський державний університет імені Івана Франка);

Ю.М. Забитівський,
кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник
(Львівський національний університет імені Івана Франка)

ГІДРОЕКОЛОГІЯ ОЗЕРНИХ ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ. ШАЦЬКІ ОЗЕРА. ЕКОЛОГІЧНА ТОКСИКОЛОГІЯ: ОЗЕРО ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ (ОГЛЯД). ЧАСТИНА 2

Викладено результати еколого-токсикологічних досліджень оз. Чорне Велике (Шацькі озера), які були проведені в 1990-1992 роках. Визначено вміст пестицидів, фенолів та поверхнево активних речовин в абіотичних та біотичних складових цієї озерної екосистеми. Показано антропогенний прес на екосистему оз. Чорне Велике.

1.1. Нафтопродукти.

Нафтопродукти, нарівні з пестицидами та важкими металами, є найбільш небезпечними токсичними речовинами для довкілля, в тому числі і водного середовища.¹ Нафта – складна суміш із тисяч різних органічних компонентів. Поведінка нафти у водоймах мінлива та залежить не тільки від її типу, але й від температури, а також інших фізичних параметрів навколишнього середовища. Слід зазначити, що до складу нафти входять різні класи вуглеводнів: аліфатичні (метанові), циклічні насичені (нафтенові), циклічні ненасичені (ароматичні). Вона є токсичною речовиною, особливо для гідроекосистем та їх мешканців. При попаданні у водойми нафта розтікається по поверхні води доти, доки її щось зможе обмежувати або поки не створиться на поверхні надто тонка її плівка. У цій плівці розчиняються ряд речовин, як органічні, так і неорганічні, зокрема такі важкі метали, як залізо, мідь та цинк, легко утворюють комплексні металорганічні сполуки, які потім сорбуються на часточках та осідають на дно. У зв'язку з цим явищем, нафтою та нафтопродуктами можуть бути сильно забруднені верхні шари донних відкладів та нижні придонні шари води. Токсичність органічних фракцій нафти (бензин, керосин та ін.) зростає по мірі збільшення концентрації цих фракцій у процесі поглинання чи розчинення в компонентах водної екосистеми. Нафтова плівка ізолює водну масу з атмосфери, внаслідок чого може значно зменшуватися вміст кисню у воді, що призводить до придухи риби. Продукти розкладу нафти містяться так звані поліароматичні вуглеводні речовини, що спричиняють пухлинні захворювання. Серед них найвідоміша – бенз(а)пірен, який утворюється при роботі моторів. Тому в останні десятиріччя в уловах все більше зустрічається риб з ознаками пухлинних хвороб, причому виявлено повну залежність між частотою пухлин у риб та частотою таких же хвороб серед населення, що живе в басейні тієї чи іншої водойми.

Риба, яка живе у нафтовому середовищі, звичайно набуває відповідного запаху (гасу, бензину, мазуту). Зазначимо, що в нафтопродуктах добре розчиняються отрутохімікати, які, таким чином, надходять в організм риби. Дуже чутлива до нафти молодь риб, особливо мальки, які в занафтованому середовищі гинуть дуже швидко. Однією з особливостей нафтових вуглеводнів є здатність збільшувати свій вміст у 10 разів на кожному наступному рівні трофічного ланцюга. Отже, якщо нафтові вуглеводні або хлоровані дифеніли потрапляють спочатку у водорості, потім по ланцюгам живлення до риб, то їх накопичується вже в 10 тис. разів більше, ніж у початковій ланці, і в 100 тис. разів більше, ніж у воді. Це так званий коефіцієнт біологічної акумуляції, значення якого дуже високе в довгих трофічних ланцюгах – і може бути меншим при короткому ланцюжку.

Для оз. Чорне Велике джерелами забруднення нафтопродуктами є використання моторних човнів, миття автотранспорту на берегах, випадання з атмосфери, та попадання з комунальними стоками. У липні 1992 року були проведені перші дослідження вмісту нафтопродуктів у воді Шацьких озер, включаючи й оз. Чорне Велике. Найбільш низькі концентрації нафтопродуктів відзначені в поверхневих шарах води пелагіалі озера. Висока концентрація нафтопродуктів зафіксована в придонних шарах води пелагіалі та на мілководних ділянках озера. Вміст нафтопродуктів в озерній воді становив 141-370 мкг/дм³. Необхідно підкреслити, що в гідроекосистемі оз. Чорне Велике найбільші концентрації містилися в придонних шарах води та на мілководдях. Перевищення ГДК_{рибогоспод.} зафіксовано в 2,8-8,0 разів. Результати дослідження викладені в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1.

Вміст нафтопродуктів, легких фенолів та СПАР у воді Чорне Велике в липні 1992 року, мкг/л³ [2-6].

Дата відбору	Ділянка озера, шар, станція	Нафто-продукти	Леткі феноли	СПАР	
				Аніонні	Катіонні
2.07.1992	Пелагіаль, поверхневий шар, 1	219,0	0,8	80,0	350,0
2.07.1992	Пелагіаль, придонний шар, 1	278,0	5,5	-	-

¹ ГДК_{санітарно-гігієнічні} нафтопродуктів для прісних вод становить 0,3 мкг/дм³, а ГДК_{рибогосподарські} – 0,05 мкг/дм³ [1].

2.07.1992	Пелагіаль, поверхневий шар, 2	148,0	3,3	80,0	140,0
4.07.1992	Літораль, 3	370,0	2,0	50,0	370,0

1.2. Синтетичні поверхнево активні речовини (СПАР).

Одним із найбільших забруднювачів природних водойм є СПАР. Вони, залежно від дисоціації у водних розчинах, діляться на катіонні та аніонні. Аніонні СПАР дисоціюють у водних розчинах на аніон з поверхневою активністю та катіон. Ці речовини мають алкільні ланцюги з 9-17 атомами вуглецю і бензолне кільце з натрієм або кальцієм. До таких речовин відносяться алкілсульфати, алкілбензолсульфонати, алкіларілсульфонати. Аніонні СПАР схильні до біорозкладу [7; 8]. До катіонних СПАР відносяться четвертинні амонієві сполуки, промисловий випуск яких складає близько 80 %. Вони стійкі до кислот та лугів, практично не підлягають біорозкладу. По токсичності катіонні СПАР значно переважають аніонні. У склад комерційних СПАР звичайно входять одна чи більше груп поверхнево-активних агентів, декілька зв'язуючих компонентів. Групи, забезпечуючи такі властивості СПАР, виконують дві функції: зменшення поверхневої плівки рідини, в якій вони розчиняються та утворюють стійку емульсію або суспензію з частинками забруднень, які видаляються, та зниження жорсткості води за рахунок утворення з водою розчину луку, в якому миючі властивості поверхнево-активних груп особливо ефективні. Поряд із поверхнево-активними та зв'язуючими компонентами миючі речовини містять відбілюючі речовини та речовини, які надають лоску. Для надання бажаних властивостей у склад СПАР можуть бути включенні також інші складові (ферменти, інгібітори корозії, духмяні речовини). Поверхнево-активні агенти розподіляють, зазвичай, на 3 класи: аніоноактивні, катіоноактивні та неіоногенні [2; 9]. Особливе значення мають поліфосфатні зв'язуючі агенти, які входять до складу СПАР. Фосфорні компоненти миючих засобів легко гідролізуються з утворенням нетоксичних монофосфатів. Утворенні продукти гідролізу не представляють загрози для людей і тварин, які знаходяться у воді. Але необхідно враховувати ефект дії фосфатів на рослинність. Вони є поживним середовищем для рослин і можуть викликати їх інтенсивний ріст, зокрема розростання водних рослин, що створює досить значні проблеми. Це виражається в забрудненні раніше чистих водойм, де по мірі відмирання рослин починається їх гниття, а вода збіднюється киснем. У свою чергу низький вміст кисню погіршує умови існування інших гідробіонтів.

Розроблені гранично допустимі концентрації (ГДК): аніонні СПАР – *рибогосподарські* ГДК становлять 0,10 мг/дм³ [10]; катіонні СПАР – *рибогосподарські* ГДК складають 0,012 мг/дм³ [1].

У липні 1992 року були вперше проведені дослідження вмісту СПАР у воді Шацьких озер. Отримані результати викладені в таблицях 1 та 2. Результати, викладені в таблицях 1 та 2 свідчать про значне забруднення води оз. Чорне Велике катіонними СПАР – 0,35-0,37 мг/дм³. Вміст аніонних СПАР у воді цього озера був значно нижчим за діючі ГДК *рибогосподарські* та становив 0,05-0,08 мг/дм³. У жовтні 1992 року були продовжені дослідження вмісту СПАР у воді Шацьких озер. Слід відзначити, що вміст цих органічних забруднювачів у воді оз. Чорне Велике виріс у порівнянні з літнім періодом. Причому найбільше зріс вміст катіонних СПАР, який становив 0,55 мг/дм³ (46 ГДК *рибогоспод.*), а також до 1,4 мг/дм³ виріс вміст аніонних СПАР (1,4 ГДК *рибогоспод.*). На жаль, слід зазначити, що точні джерела надходження СПАР у води оз. Чорне Велике не відомі. Можна припустити, що на якість води оз. Чорне Велике прямо впливають комунальні стоки с.м.т. Шацьк та стоки міськрайонної лікарні, що розташована прямо на берегах цього озера. На це вказують зафіксовані найвищі концентрації аніонних та катіонних СПАР у воді.

Таблиця 2.

Оцінка якості води за вмістом нафтопродуктів, летких фенолів та СПАР у воді оз. Чорне Велике в липні 1992 року, мкг/дм³ [2-6], кратність перевищення ГДК *рибогоспод.* (по відповідним токсичним речовинам).

Дата відбору	Ділянка озера, Шар, станція	Нафто-продукти	Леткі феноли	СПАР	
				аніонні	катіонні
2.07.1992	Пелагіаль, поверхневий шар, 1	4,4	відповідає	відповідає	29
2.07.1992	Пелагіаль, придонний шар, 1	5,6	5,5	-	-
2.07.1992	Пелагіаль, поверхневий шар, 2	3,0	3,3	відповідає	12
4.07.1992	Літораль, 3	2,8	2,0	відповідає	31

1.3. Леткі феноли.

Серед різноманітних речовин, які поступають у поверхневі водойми в результаті господарської діяльності людини значне місце займають фенольні сполуки. Крім синтетичних фенолів, які потрапляють у водні об'єкти зі стічними водами, існує багато фенольних сполук, що виробляються власне рослинами. У водне середовище вони потрапляють двома шляхами: поперше, прижиттєві виділення; по-друге – після відмирання водної рослинності в осінньо-зимовий період. За структурою хімічних сполук їх умовно підрозділяють на три основні групи, виходячи із вуглецевого скелету: C₆-C₂-; C₆-C₃-; C₆-C₃-C₆-сполуки. До першої групи відносяться переважно оксибензойні кислоти, а саме: N-оксибензойна, протокатехова, ванілінова, галлова, бузкова та інші. Вони досить широко представлені в рослинах і, звичайно, присутні в них у зв'язаній (закомплексованій) формі та виходять із рослинних клітин при розкладі та гідролізі [2; 11]. Ванілінова та бузкова кислоти у вигляді ефірів включаються в склад лігніну, тому, безпосередньо знаходяться в деревині. Другу групу фенолів підрозділяють, у свою чергу, на дві підгрупи: оксикоричні кислоти та кумарини. Оксикоричні кислоти (о-оксикорична, або н-кумарова; кавова; ферулова та синапова) містяться в рослинах як у вільному, так і закомплексованому вигляді та можуть виділятися у воду як у процесі життєдіяльності, так і після відмирання макрофітів. На практиці, значно частіше, ніж власне сам кумарин, в рослинах зустрічаються його гідроксильні похідні – ескулетин й екопулетин. Третя група фенольних сполук (C₆-C₃-C₆) особливо різноманітна. Фенольні сполуки, що належать до цієї групи називають також флавоноїдами. До них

належать глікозиди, катехіни, флавоноли. Флавоноїди, оксикоричні та оксibenзойні кислоти містяться у всіх рослинах і майже всюди. Крім вище перерахованих мономерних фенольних сполук, у рослинах містяться й полімерні: дубильні речовини (лігнін й інші) та меланіни. До них також належать і гумінові кислоти, що виникають при гуміфікації рослинних залишків [3]. Ці токсичні речовини пригнічують життєдіяльність гідробіонтів, негативно впливають на структуру їх популяцій та в більшості випадків також знижують резистентність водних організмів.

Результати досліджень рівнів забруднення леткими фенолами води в літній період (таблиці 1 та 2), дозволили зробити висновок про широкий діапазон коливань їх концентрації в досліджуваній водоймі, як по горизонтальній (поверхневій) акваторії, так і при вертикальному переміщенні. Придонні шари води більш насичені фенольними сполуками, ніж поверхневі, та містять у своєму складі важкі фракції цих сполук. Вміст летких фенолів у воді оз. Чорне Велике становив 0,8-5,5 мкг/дм³, що перевищувало ГДК_{рибогоспод.} у 2,0-5,5 рази, а в деяких точках дослідження відповідав діючим рибогосподарським вимогам. Неоднорідність у розподілі фенольних сполук по всій акваторії оз. Чорне Велике свідчить про те, що основна маса цих речовин утворюється за рахунок життєдіяльності бактерій та продуктів прижиттєвого виділення, відмирання та розкладу гідробіонтів, у першу чергу, фітопланктону; а також різноманітних біохімічних процесів, що протікають із різною інтенсивністю в пелагічних та літоральних ділянках озера. З настанням осені рівень фенольних сполук у воді помітно знижується, що пов'язано із затуханням різноманітних біохімічних процесів унаслідок сезонного пониження температури. Восени спостерігається зниження в 1,7 разів насичення води фенолами порівняно з літнім сезоном [4; 12]. Одержані результати дозволяють припустити, що основна маса фенольних сполук у воді оз. Чорне Велике має природне походження.

Висновки.

1. Вміст нафтопродуктів в озерній воді фіксувався в досить широких межах – 141-370 мкг/дм³. Найбільші концентрації містилися в придонних шарах води та на мілководдях.

2. Результати досліджень свідчать про значне забруднення води озера Чорне Велике катіонними СПАР – 0,35-0,37 мг/дм³. Вміст аніонних СПАР у воді цього озера був значно нижчим за діючі рибогосподарські ГДК та становив 0,05-0,08 мг/дм³.

3. Вміст летких фенолів у воді оз. Чорне Велике становив величини в діапазоні 0,8-5,5 мкг/дм³, що перевищувало ГДК_{рибогоспод.} у 2,0-5,5 рази, хоча в деяких точках дослідження відповідав діючим рибогосподарським вимогам. Неоднорідність у розподілі фенольних сполук по всій акваторії озера свідчить про те, що основна маса цих речовин утворюється за рахунок життєдіяльності бактерій та продуктів прижиттєвого виділення, відмирання та розкладу гідробіонтів, у першу чергу фітопланктону, та різноманітних біохімічних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Анисова С.Н., Лесников Л.А., Минаева Т.В., Ляшенко С.Ф. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – Москва, 1990. – 46 с.
2. Кретович В.Л. Биохимия растений. – Москва: Высшая школа, 1980. – 447 с.
3. Ситник Ю.М., Шевченко П.Г. Еколого-токсикологічна характеристика за вмістом важких металів озера Чорне Велике до та після загибелі вугра в 1996 році // Українське Полісся: вчора, сьогодні, завтра: Зб. наук. пр. – Луцьк: Надстир'я, 1998. – С. 196-197.
4. Коновалов Ю.Д. Рівень забруднення фенолами води Шацьких озер // Національні парки в системі екологічного моніторингу. – Світязь, 1993. – С. 14-16.
5. Коновалов Ю.Д. Степень загрязнения нефтепродуктами озер Шацкого природного национального парка // Роль охоронюваних природних територій у збереженні біорізноманіття: Матеріали конференції присвяченої 75-річчю Канівського природного заповідника, м. Канів, 8-10 вересня 1998 р. – Канів, 1998. – С. 276-277.
6. Тимченко В.М., Якушин В.М., Олейник Г.Н., Новиков Б.И., Гош Р.И., Сытник Ю.М., Коновалов Ю.Д., Ярошевич А.Е., Ярошевич Л.В., Жданова Г.А., Головка Т.В., Осадчая Н.Н., Сидерский А.В., Виденина Ю.Л., Безродная С.М., Меленчук Г.В., Гресько М.М., Калениченко К.П., Кундиев В.А., Крыжановский И.В., Давыдов О.А., Чижмакова Н.А., Васильева И.Г., Иванова Т.И., Кабакова Т.Н. Гидроэкологическая характеристика Шацких озер / Редакция "Гидробиологического журнала" АН Украины. – 120 с. Депонирована в ВИНИТИ 02.08.1993 г., № 2188-В 93.
7. Калениченко К.П. Поверхнево активні речовини у Шацьких озерах // Національні парки в системі екологічного моніторингу. – Світязь, 1993. – С. 38-39.
8. Брагинский Л.П., Величко И.М., Щербань Э.П. Пресноводный планктон в токсической среде. – Київ: Наукова думка, 1987. – 180 с.
9. Брагинський Л.П. Теоретичні передумови (Загальні концепції токсикологічної гідроекології) // Гідроекологічна токсиметрія та біоіндикація забруднень: теорія, методика, практика використання / За ред. Олексія І.Т. та Брагинського Л.П. – Львів: Світ, 1995. – С. 7-40.
10. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами // Охрана окружающей среды / Под ред. Л.П. Шарикова. – Ленинград: Судостроение, 1978. – С. 193-222.
11. Козицкая В.Н. Фенольные соединения водорослей и их физиологическая роль // Гидробиологический журнал. – 1984. – Т. 20. – № 3. – С. 54-65.
12. Коновалов Ю.Д. Фенольные соединения в воде Шацких озер // Роль охоронюваних природних територій у збереженні біорізноманіття: Матеріали конференції присвяченої 75-річчю Канівського природного заповідника, м. Канів, 8-10 вересня 1998 р. – Канів, 1998. – С. 277-278.

Матеріал надійшов до редакції 05.09. 2007 р.

Ситник Ю.М., Осадчая Н.М., Шевченко П.Г., Киричук Г.Е., Забитовский Ю.М. Гидроэкология озёрных экосистем Украины. Шацкие озера. Экологическая токсикология: озеро Черное Большое (обзор). Часть 2.

В статті изложены результаты эколого-токсикологических исследований оз. Черное Большое (Шацкие озёра), которые были проведены в 1990-1992 годах. Определено содержание тяжелых металлов в абиотических и биотических составляющих этой озерной экосистемы. Показан антропогенный пресс на экосистему оз. Черное Большое.

Sytnyk Yu.M., Osadcha N.M., Shevchenko P.G., Kyrychuk G.Ye., Zabytivsky Yu.M. Hydroecology of the Lake Systems of Ukraine. Shatsk Lakes. Ecological Toxicology: Chorne Velyke Lake. (Review). Part 2.

The article presents the results of ecology-toxicological investigations of Chorne Velyke Lake (Shatsk Lakes) carried out in 1990 – 1992. The content of pesticides, phenols and surface active substances in the abiotic and biotic components of this lake ecosystem is defined. Enormous anthropogenic influence on the ecosystem of Chorne Velyke Lake is shown.