

БИОРЕСУРСИ ТА ЕКОЛОГІЯ ВОДОЙМ

Ribogospod. nauka Ukr., 2017; 4(42): 19-32
DOI: 10.15407/fsu2017.04.019
УДК [574.583+574.587:504.61] (282.247.327)

ОЦІНКА СТАНУ ЗООПЛАНКТОНУ І ЗООБЕНТОСУ РІЧКИ МОКРА СУРА

В. О. Яковенко, yakovenko@ukr.net, кафедра загальної біології та водних біоресурсів Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара м. Дніпро

О. В. Федоненко, hydro-dnu@ukr.net, кафедра загальної біології та водних біоресурсів Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара м. Дніпро

Н. Й. Тушницька, n-tushnitska@ukr.net, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ

Мета. Дослідити розподіл структурно-функціональних показників зоопланктону і зообентосу на забруднених та умовно чистих ділянках антропогенно навантаженої річки Мокра Сура влітку, у період максимального розвитку гідробіоценозу.

Методика. Під час збору та подальшого лабораторного опрацювання проб зоопланктону та зообентосу використовувалися відповідні стандартні загальноприйнятні гідробиологічні методики. Для ранжирування станцій на підставі структурно-функціональних показників зообентосу використовували комбінований індекс стану угруповання (КІСУ).

Результати. Проведені дослідження показали, що видовий склад зообентосу та зоопланктону річки Мокра Сура включав багато сапробіонтів з олігохет, хірономід і коловерток, які на окремих ділянках мали значний розвиток під впливом евтрофікації, мулонакопичення та за наявності антропогенного забруднення — процесів, що викликають пригнічення життєдіяльності фільтраторів із молюсків і ракоподібних, які є найбільш потужними агентами самоочищення з представників зоопланктону та зообентосу. Найвищі показники розвитку зоопланктону та зообентосу зафіксовано навпроти аварійного скиду правобережних стічних вод (стимулюючий вплив органічного забруднення), найнижчі — біля шинного заводу (спільний вплив хімічного забруднення промислових стічних вод та замулення). На станції «Біля автотраси Дніпро — Запоріжжя» низькі показники розвитку зоопланктону є наслідком замулення цієї ділянки, в той час як біомаса зообентосу тут була найвищою, завдяки інтенсивному розвитку олігохет. Якщо навпроти скиду стічних вод домінували планктонні сапробіонтні коловертки, то на вищерозташованих ділянках річки — бделоїдні коловертки. Домінування планктонних та придонних коловерток-сапробіонтів зумовило найвищі індекси сапробності на цих ділянках. Найбільш чистими, згідно з індексом КІСУ, виявились ділянки річки на 3 км і на 2 км вище гирла; на це вказує також найбільший, порівняно з іншими ділянками, розвиток тут фільтраторів і найменші індекси сапробності. Ці результати свідчать про досить ефективну біогенну детоксикацію та осадження токсичних речовин на вищерозташованих ділянках, а також про розбавлюючий вплив великих мас води з річки Дніпро на пригирлових ділянках його приток.

Наукова новизна. Уперше проведено оцінку екологічного стану ділянок річки Мокра Сура за результатами комплексного дослідження структурно-функціональних показників зоопланктону і зообентосу в період максимального розвитку гідробіоценозу.

Практична значимість. Отримані результати можуть бути використані в гідроекологічному моніторинзі для виявлення небезпечного екологічного стану малих річок

© В. О. Яковенко, О. В. Федоненко, Н. Й. Тушницька, 2017



та запобігання подальшій деградації їх екосистем, а також при розрахунку збитків, заподіяних рибному господарству внаслідок впливу стічних вод.

Ключові слова: річка Мокра Сура, евтрофікація, зоопланктон, зообентос, олігохети, бделоїдні коловертки.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Великі обсяги стічних вод надходять у притоки Запорізького водосховища, які виступають як буфер, де відбувається біогенна детоксикація та осадження токсичних речовин стічних вод. Річка Мокра Сура є найдовшою притокою Запорізького водосховища, яка впадає в нього з правого боку. В річку потрапляє значна кількість недоочищених стічних вод аварійних скидів правобережної станції аерації, господарсько-побутових стічних вод дачних ділянок, сіл та сільськогосподарських угідь. За даними вчених, у р. М. Сура підвищена концентрація біогенних елементів та легкоокиснюваних органічних речовин [20]. У наукових працях, присвячених малим річкам, відмічається, що висока концентрація органічної речовини сприяє заростанню макрофітами прибережної смуги, що призводить до замулення та скорочення довжини річки, і цей процес прискорює антропогенна евтрофікація [2, 7, 16, 24]. Але специфікою стічних вод р. М. Сура є також проблема токсичного забруднення, тому що сюди надходять промислові стічні води шинного та трубопрокатного заводів. Ще у 80-ті роки ХХ ст. співвідношення обсягу стічних вод, які скидаються підприємствами, з обсягом вод р. Мокра Сура складало 1,0:2,5, рівень вмісту нафтопродуктів у донних відкладах річки досягав 128–280 мг/100 г ґрунту [10]. Забруднення металами було найбільш вираженим у донних відкладах річки, тому в наш час склалася напружена ситуація з вторинним забрудненням води цими токсикантами [9]. Все це призвело до зростання мінералізації води в річці впродовж останніх 50 років з 1,1 до 2,8 г/л [22]. Таким чином, моніторингові дослідження річки є вкрай актуальними та необхідними, оскільки дозволяють виявити кризовий стан ділянок річки та запропонувати заходи щодо запобігання деградації її екосистеми. Найбільш чутливими до дії забруднень є зоопланктон та зообентос, до складу яких входять як фільтратори, так і детритофаги. Тому саме комплексний інтегральний аналіз екологічного стану річки за допомогою як зоопланктону, так і зообентосу дозволяє ранжирувати ділянки водойми за якістю водного середовища.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Уперше зоопланктон і зообентос річки Мокра Сура були охарактеризовані в 30-х роках ХХ ст. як досить продуктивні та різноманітні за видовим складом [3, 19]. У подальшому внутрішньоводоймні процеси та вплив стічних вод призвели до скорочення видів безхребетних. В угрупованні зоопланктону річки стали коловертки, в угрупованні зообентосу — олігохети [6, 8]. За повідомленнями А.К. Диги, в гирлі р. М. Сура кількість видів зоопланктону скорочувалась і темпи розвитку були дуже низькі, а у таких видів ракоподібних, як *Daphnia longispina*, *D. cucullata*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina coregoni*, знижувалась плодючість. Також відзначалась велика чисельність сапробіонтних видів *Collotheca* sp. (17 тис. екз./м³) та *Rotifer Rotifera* (7 тис. екз./м³) [8].



Восанне дослідження розподілу зоопланкtonу ділянок річки проводили навесні 2015 р. [25], літній зоопланкton деяких ділянок вивчався у 2003–2005 рр. [22], а зообентос річки – лише на ділянці безпосереднього впливу стоку в 2006 р. [21]. Ураховуючи деякі розбіжності між показниками біотестування та зоопланкtonу, що були проведені навесні 2015 р., а також відсутність комплексних досліджень екосистеми річки в літній період, для отримання повної об’єктивної картини необхідне дослідження як зоопланкtonу, так і зообентосу на забруднених та умовно чистих ділянках антропогенно навантаженої річки саме влітку, тобто в період максимального розвитку гідробіоценозу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Об’єктом досліджень були представники зоопланкtonу та зообентосу. Відбір проб зоопланкtonу та зообентосу проводили влітку 2017 р. на 6 станціях літоралі річки Мокра Сура (рис. 1) N 48°19'26" E 35°08'35". Проби опрацьовували за загальноприйнятими методами [4, 5, 11, 12, 15, 18].

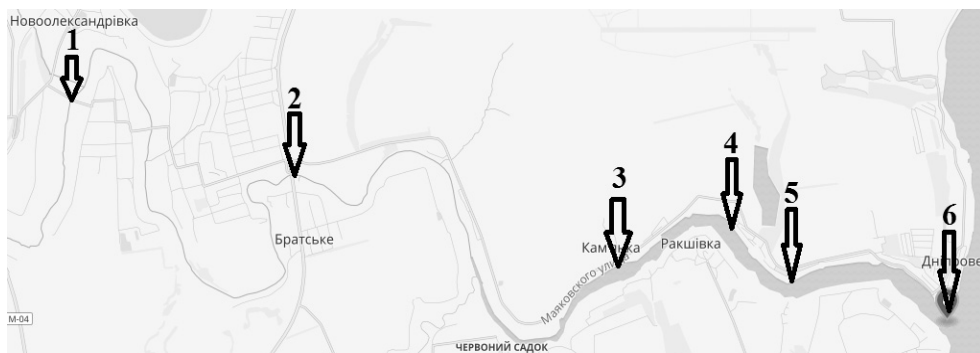


Рис. 1. Карта-схема р. Мокра Сура зі станціями відбору проб.

Примітка: Станції: 1. Нижче шинного заводу. 2. Біля автотраси Дніпро — Запоріжжя. 3. Навпроти правобережних очисних споруд. 4. На 3 км вище гирла. 5. На 2 км вище гирла. 6. Гирло річки Мокра Сура.

На підставі видового складу та розвитку груп зообентосу розраховували комбінований індекс стану угруповання (КІСУ) [1]. $KICU = (2 CC + 1,5 OIP + 1,5 B + N + H + S)$, де CC — середня сапробність; OIP — олігохетний індекс Пареле; B — біомаса; N — чисельність; H — індекс Шенона; S — кількість видів. До формули входять не абсолютні значення показників, а їхні ранги.

Оцінку ступеня чистоти води досліджуваних станцій проводили на підставі категорій якості води, які визначали згідно з рекомендаціями [17] та величинами КІСУ [1]. Для індикації органічного забруднення розраховували індекс сапробності згідно з рекомендаціями [17].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Упродовж періоду дослідження у складі зообентосу р. Мокра Сура було зафіксовано 43 види, з них олігохет — 11, хірономід — 16, моллюсків — 6, п’явок — 2, личинок комах — 4, ракоподібних — 4 види. Видовий склад зообентосу річки здебільшого складався з притаманних для водосховищ дніпровського каскаду прісноводних видів північних та помірних широт. Внаслідок



мулонакопичення та відсутності на дні водойми обростань молюсків р. *Dreissena*, кількість видів та розвиток супутніх представників понто-каспійського комплексу були вкрай низькими, поодинокі особини молюсків траплялися лише на каміннях або на стеблах макрофітів. За типом живлення переважали детрито- та сестонофаги. Далі йшли хижакі, що свідчить про високу трофність водойми [16]. Кількість видів коливалась серед станцій від 7 до 30, у середньому – $17,7 \pm 9,7$; найменшу кількість видів було зареєстровано на верхніх ділянках річки: «Біля шинного заводу», «Біля автотраси Дніпро — Запоріжжя» та «Навпроти правобережних очисних споруд» (рис. 2).

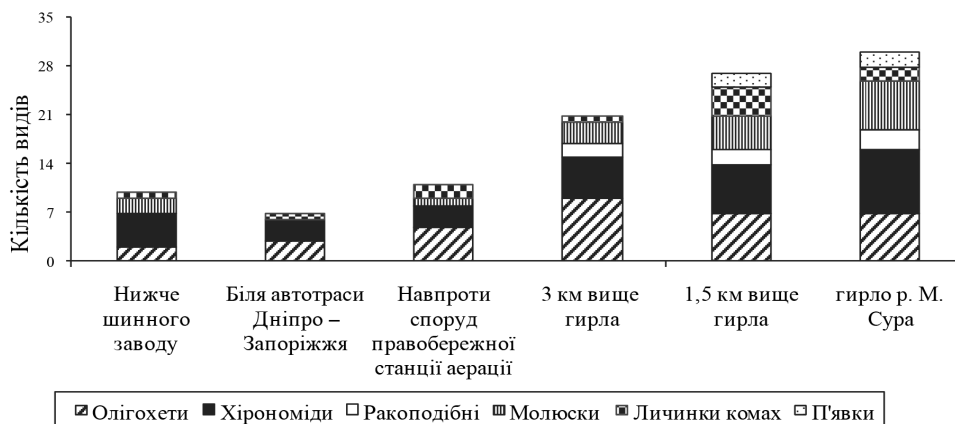
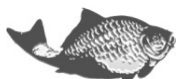


Рис. 2. Кількість видів зообентосу на ділянках р. Мокра Сура

Зменшення кількості видів на відзначених ділянках відбувалось в першу чергу за рахунок зникнення видів ракоподібних *Dikerogammarus haemobaphes* Eich., *D. villosus* Sow., *Chaetogammarus tenellus* Sars. та молюсків *Dreissena bugensis* Andr. і *Dr. polymorpha* Pall. на ділянках річки, розташованих вище понтонного мосту. Вірогідно, велика кількість мулових відкладів пригнічує розвиток фільтраторів з ракоподібних та молюсків, тому що фільтратори в таких умовах зазнають засмічення фільтраційного апарату і випадають зі складу ценозу. Також знижувалось видове різноманіття олігохет та хірономід за рахунок випадіння зарослевих форм. Певне, відзначені ділянки відчувають вплив хімічного забруднення промислових стічних вод і викидів чи змивів з автотраси.

Чисельність м'якого зообентосу річки коливалась від 440 до 37880 екз./м², у середньому — 9903 екз./м², біомаса — від 0,9 до 64,4 г/м², у середньому — 24,5 г/м² (табл. 1).

Кількісний розвиток зообентосу річки характеризувався максимальними показниками на ділянках, де значне домінування належало 1–2 видам олігохет, тобто, де видове різноманіття було мінімальне, а саме — «Біля автотраси Дніпро - Запоріжжя» та «Навпроти правобережних очисних споруд». Завдяки мулонакопиченню та великій кількості органічної речовини на ділянці «Біля автотраси Дніпро — Запоріжжя» біомаса зообентосу досягала 64,4 г/м², з яких 99,1% склали олігохети *Limnodrilus hoffmeisteri* та *Tubifex tubifex*, які є індикаторами α-мезосапробних умов. Товщина мулу тут складає більше метра, а глибина не перевищує 0,5 м, що сприяє інтенсивному розмноженню олігохет.



Таблиця 1. Кількісні показники зообентосу на ділянках р. Мокра Сура

Станції	М'який зообентос	Олігохети	Хірономіди	Ракоподібні	П'явки	Інші личинки комах	Молюски
Нижче шинного заводу	<u>440</u>	<u>360</u>	<u>40</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>40</u>	<u>0</u>
	0,9	0,56	0,06	0	0	0,28	0
Біля автотраси Дніпро — Запоріжжя	<u>37880</u>	<u>37800</u>	<u>40</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>40</u>	<u>0</u>
	64,4	63,8	0,08	0	0	0,52	0
Навпроти споруд правобережної станції аерації	<u>8800</u>	<u>8400</u>	<u>280</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>120</u>	<u>40</u>
	31,3	25,2	1,72	0	0	4,38	120
На 3 км вище гирла	<u>4880</u>	<u>4160</u>	<u>600</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>120</u>
	15,7	11,6	2,8	0,12	1,08	0,1	12,3
На 2 км вище гирла	<u>4300</u>	<u>3500</u>	<u>400</u>	<u>240</u>	<u>0</u>	<u>160</u>	<u>200</u>
	16,7	5,4	7,5	3,58	0	0,22	256
Гирло р. Мокра Сура	<u>3120</u>	<u>2240</u>	<u>480</u>	<u>200</u>	<u>80</u>	<u>120</u>	<u>360</u>
	18,1	3,4	12,4	1,72	0,44	0,24	543

Примітка: над рискою — чисельність, екз./м²; під рискою — біомаса, г/м²

Олігохети є стійкими до нестачі кисню, і, крім того, резистентні до дії забруднень, тому витримують надходження до акваторії важких металів (у вигляді свинцевого пилу з автотраси або стоків шинного чи трубопрокатного заводів) та інших токсикантів. Таким чином, домінування олігохет на цій ділянці є наслідком замуленості та забрудненості річки. На ділянці річки «Біля шинного заводу» виявлені низькі показники розвитку олігохет, що пояснюється тим, що мулові відклади тут більшою мірою насичені токсичними речовинами шинного та трубопрокатного заводу, а глибина невелика, і за таких умов потерпають навіть олігохети. На ділянці навпроти очисних споруд зафіксований розвиток мухикриски *Eristalis tenax*, яка, поряд з олігохетами, є індикатором органічного забруднення. У напрямку гирла збільшувалась частка хірономід, причому в гирлі домінували максимальні за розмірами види *Chironomus plumosus* L., *Ch. thummi* Kieffer, *Ch. semireductus* Lenz. Більшого різноманіття влітку досягала бентофауна на ділянках 2 км і 3 км вище гирла р. Мокра Сура, де, крім олігохет, значною мірою були представлені зарослеві форми *Cricotopus silvestris* F., *Tanytarsus manicus* Wulp., *Cryptochironomus viridulus* F., *C. pararostratus*, *Micropsectra praecox* Mg. Серед молюсків на ділянках річки вище та навпроти очисних споруд мешкали лише червоногі *Viviparus viviparus* L., *Planorbarius corneus* L., *Valvata piscinalis* Mull. У пригирлових ділянках до червоногих приєднувались також *Dreissena bugensis* Andr. і *Dr. polymorpha* Pall., у друзах яких біомаса ракоподібних *Dikerogammarus haemobaphes* Eich., *D. villosus* Sow., *Chaetogammarus tenellus* Sars. складала 1,72–3,58 г/м². Найбільше видове різноманіття у гирлі річки, вірогідно, пов'язане із змішуванням вод річки та водосховища, внаслідок чого видовий склад даної ділянки збагачується.

У видовому складі зоопланктону р. Мокра Сура виявлено 48 видів, з яких 26 — коловерток, 8 — веслоногих, 13 — гіллястовусих ракоподібних та 1 — велігери дрейсени. Кількість видів зоопланктону серед станцій дослідження коливалася від 11 до 27, у середньому — $20 \pm 6,1$ (рис. 3). Найменша кількість видів зоопланктону відзначена на ділянках річки Мокра Сура вище та біля



автотраси Дніпро — Запоріжжя. На цих ділянках зовсім не траплялися фільтратори з гіллястовусих та домінували придонні коловертки з одним яєчником (або бделоїдні) – *Rotaria rotatoria* Pall., *R. citrina* Ehr., *Adineta gracilis* Jonson, *Philodina citrina* Ehr., *Habrotrocha bidens* Gosse, які належать до класу Bdelloidea.

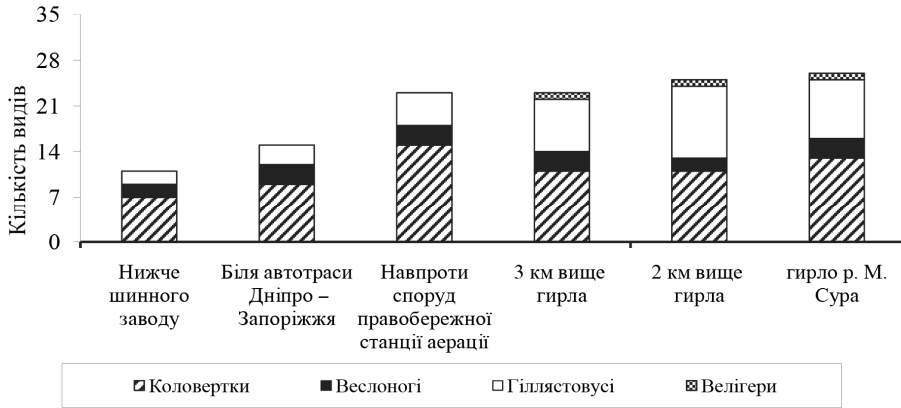


Рис. 3. Кількість видів зоопланктону на ділянках р. Мокра Сура

Ці коловертки мешкають у забрудненому середовищі, де велика кількість мулових відкладів та органічної речовини сприяє їхньому домінуванню завдяки стійкості до нестачі кисню, і тому бделоїдні коловертки є індикаторами ще й довготривалої трансформації гідробіоценозу, яка призводить до накопичення мулових відкладів. Крім того, бделоїдні коловертки є пристосованими до дії забруднюючих компонентів стоків, тому за наявності в мулах навіть важких металів та нафтопродуктів, вони часто є єдиними представниками гідробіоценозу, які мешкають в такому середовищі. Серед механізмів, які сприяють стійкості бделоїдних коловерток до дії забруднень, дослідники відзначають горизонтальний транспорт генів [22]. Фільтратори з планктонних ракоподібних у таких умовах зазнають засмічення фільтраційного апарату та випадають зі складу ценозу. Планктонні коловертки теж потерпають від великої кількості завислих речовин та нестачі кисню. Ці види зовсім зникають зі складу гідробіоценозу або трапляються в незначній кількості. Тому домінування бделоїдних коловерток є наслідком замулення та забруднення відзначених ділянок. Частка цих коловерток від загальної кількості видів зоопланктону на перших двох ділянках складала 83,5–91,2%. Навпроти очисних споруд спостерігалось різке зростання кількості видів коловерток, але здебільшого за рахунок планктонних сапробіонтних коловерток *Asplanchna priodonta* Gosse, *A. brightwellii* Gosse, *A. herricki* Guerne, *Brachionus calyciflorus* Pall., *Br. diversicornis* Daday, *B. urceus* L., частка яких складала тут 53%, у той час як частка придонних коловерток знижувалась до 15%. На ділянці навпроти правобережної станції аерації збільшення розвитку та різноманіття планктонних коловерток-сапробіонтів є показником забруднення річкової води органічною речовиною. Джерелом надходження останньої у річку є очисні споруди станції аерації, розташовані трохи нижче понтонного мосту (на 200 м). Цей вплив стає найбільш помітним під час залпових скидів із відстійників або за великого обсягу повенеких вод, що змивають вміст відстійників очисних споруд у річку. На ділянках 2 км та 3 км вище гирла кількість видів планктонних



коловерток знижувалась та зростала кількість видів ракоподібних, що вказує на поліпшення умов для розвитку фільтраторів. У гирлі р. Мокра Сура кількість видів планктонних коловерток, які є індикаторами сапробності, знову незначно зростала, що зумовлено наявністю тут стоку з очисних споруд через трубу діаметром близько 1 м, яка виходить у водосховище. Із труби надходять уже значною мірою очищені стічні води, до того ж, великий обсяг водної товщі водосховища розбавляє цей стік, завдяки чому його вплив на гідробіоценоз послаблюється.

Біомаса зоопланктону виявилася найбільшою на ділянках навпроти очисних споруд (191,2 мг/м³) і в гирлі річки (178,2 мг/м³), а найменшою — нижче шинного заводу (14,3 мг/м³) й автотраси (52,9 мг/м³) (рис. 4).

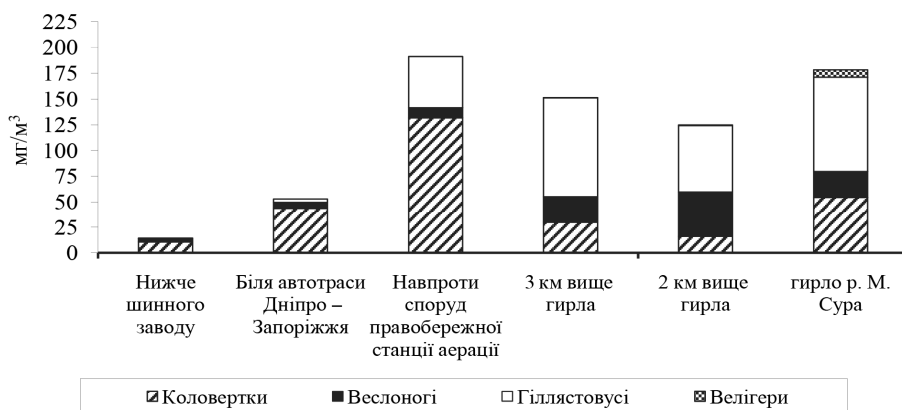


Рис. 4. Біомаса зоопланктону на ділянках р. Мокра Сура

Коловертки домінували на верхніх ділянках, тоді як біомаса ракоподібних зростала на ділянках, що розташовані неподалік від гирла річки. Низька чисельність зоопланктону (рис. 5), поряд із низькою індивідуальною масою коловерток, порівняно з ракоподібними, була причиною найменшої біомаси зоопланктону на верхніх ділянках річки. Чисельність його нижче шинного заводу складала 12,5 тис. екз./м³, за середнього значення 52,9 тис. екз./м³. Частка коловерток від загальної чисельності зоопланктону у зазначеній ділянці складала 89,2%, причому домінували бделоїдні коловертки.

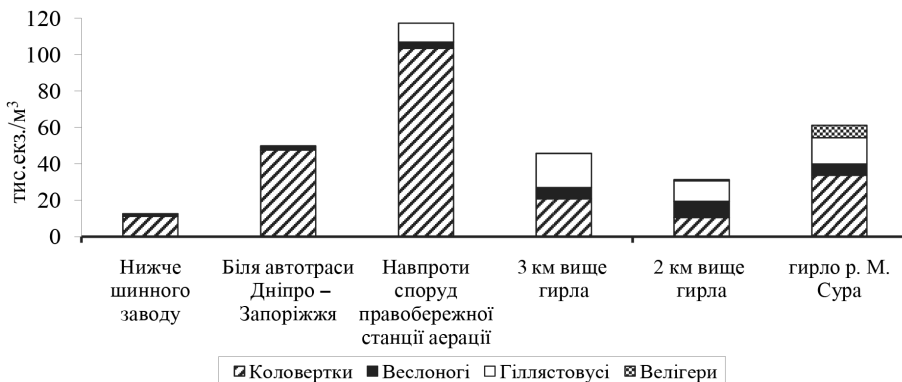
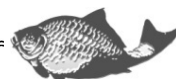


Рис. 5. Чисельність зоопланктону на ділянках р. Мокра Сура.



Слід також відзначити, що серед веслоногих ракоподібних на вищерозташованих ділянках переважали науплії, тоді як на пригирлових — особини 3–4 ступеня метаморфозу (ювенальні форми), що й зумовило їх більшу частку у біомасі зоопланктону. На ділянках з найбільшим розвитком домінували планктонні види коловерток та гіллястовусі ракоподібні, а з найменшим — придонні види коловерток. Навпроти очисних споруд чисельність зоопланктону збільшувалась до 114,3 тис. екз./м³, причому на 88,1% — за рахунок розмноження численних планктонних сапробіонтних коловерток родів *Brachionus*, *Asplanchna*, *Filinia* та ін. Таке явище є відображенням ефекту евтрофікації внаслідок аварійних скидів недоочищених стічних вод правобережної станції аерації. На вищерозташованих ділянках розвиток зоопланктону був зумовлений виключно придонними коловертками, частка яких становила 97% від загальної чисельності зоопланктону. На 3 км та 2 км вище гирла чисельність зоопланктону різко зменшувалась завдяки зниженню розвитку коловерток, серед яких, крім сапробіонтних, траплялись типові для водосховища види: *Euchlanis dilatata*, *Bipalpus hudsoni*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*. Але на останніх двох ділянках суттєво зростала частка гіллястовусих, серед яких найбільші показники мали види *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*, *Podonevadne trigona*. На цих ділянках біомаса гіллястовусих ракоподібних була вищою, за 5%-им рівнем значущості, у порівнянні з іншими досліджуваними ділянками. Високі показники розвитку гіллястовусих ракоподібних свідчать про поліпшення якості води на цих ділянках. У гирлі річки знову зростала кількість тих самих видів коловерток, що й біля понтонного мосту, але ступінь зростання тут був дещо меншим за рахунок очищення та розбавлення цього стоку. Специфічною рисою гирла р. Мокра Сура, у порівнянні з іншими ділянками річки, є наявність тут значної кількості велігерів дрейсен, які заносяться сюди течією з водосховища. Відзначена риса є наслідком того, що ділянка є зоною змішування вод річки та водосховища.

На підставі показників структури зообентосу досліджувані станції були ранжирувані за комбінованим індексом стану угруповання (КІСУ) і за категоріями якості води (табл. 2). На підставі обох класифікацій найбільш забрудненими виявились ділянки «Біля автотраси Дніпро — Запоріжжя» та «Навпроти правобережних очисних споруд» — «дуже брудні» (7 категорія якості), а найбільш чистими — ділянки «На 2 км вище гирла» та «На 3 км вище гирла».

Індекс сапробності за зоопланктоном виявився найбільшим на ділянках річки «Нижче шинного заводу» та «Біля автотраси Дніпро — Запоріжжя». Індекс сапробності тут дорівнював відповідно 2,64 та 2,53 (табл. 3).

Найбільші значення індексу, отримані для цих ділянок, зумовлені переважанням бделоїдних коловерток, які є сапробіонтами та мають високий індекс сапробності [13]. Навпроти очисних споруд індекс сапробності також був високим — 2,33 — через наявність планктонних коловерток-сапробіонтів, але нижчим, ніж на вищерозташованих ділянках, тому що ці планктонні коловертки мають меншу сапробну валентність, порівняно з придонними коловертками, реагуючи виключно на високу концентрацію у воді органічної речовини. Бделоїдні коловертки на цій ділянці не були домінантами, що вплинуло на їхню частку при розрахунку індексу сапробності. Таким чином, індикація ступеня чистоти ділянок річки за зоопланктоном та зообентосом дещо різнилась, що є відображенням різного характеру забруднень та гідрології досліджених ділянок річки.



Таблиця 2. Показники зообентосу на ділянках річки Мокра Сура

Станції	Ранг станції за КІСУ	Сапробність	Індекс Шенона	Домінуючі види зообентосу	Категорія якості води
Нижче шинного заводу	5	3,60	0,73	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> , <i>Tubifex tubifex</i>	Дуже брудна
Біля автотраси Дніпро–Запоріжжя	4	3,67	0,91	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> , <i>Tubifex tubifex</i>	Дуже брудна
Навпроти споруд правобережної станції аерації	6	3,84	1,27	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> , <i>Eristalis tenax</i>	Дуже брудна
На 3 км вище гирла	2	3,10	2,53	<i>Cricotopus silvestris</i> , <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	Брудна
На 2 км вище гирла	1	2,93	2,38	<i>Dikerogammarus villosus</i> , <i>Cryptochironomus viridulus</i>	Помірно забруднена
Гирло р. Мокра Сура	3	3,22	2,10	<i>Chironomus plumosus</i> , <i>Ch. semireductus</i>	Брудна

Таблиця 3. Показники зоопланктону на ділянках річки Мокра Сура

Станції	Сапробність	Індекс Шенона	Домінуючі види зоопланктону	Категорія якості води
Нижче шинного заводу	2,64	1,35	<i>Rotaria rotatoria</i> , <i>R. citrina</i>	Помірно забруднена
Біля автотраси Дніпро–Запоріжжя	2,53	1,14	<i>Rotaria rotatoria</i> , <i>Adineta gracilis</i>	Помірно забруднена
Навпроти споруд правобережної станції аерації	2,33	1,62	<i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Brachionus calyciflorus</i>	Слабко забруднена
На 3 км вище гирла	2,08	2,49	<i>Euchlanis dilatata</i> , <i>Chydorus sphaericus</i>	Слабко забруднена
На 2 км вище гирла	1,95	3,09	<i>Euchlanis dilatata</i> , <i>Bosmina longirostris</i>	Досить чиста
Гирло р. Мокра Сура	2,17	3,68	<i>Bosmina longirostris</i> , <i>Podonevadne trigona</i>	Слабко забруднена

Ранжирування інших ділянок річки за зоопланктоном та зообентосом співпадало. У гирлі річки, де був виявлений змішаний склад, до якого входили представники з високим та низьким індексом сапробності, цей показник становив 2,17; найбільш чистими виявились ділянки річки на 3 км та на 2 км вище гирла, які мали індекс сапробності відповідно 2,08 і 1,95.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Видовий склад зообентосу та зоопланктону річки Мокра Сура мав багато сапробіонтів з олігохет, хірономід та коловерток, які на окремих ділянках досягали значного розвитку та великого ступеня домінування, що зумовлено евтрофікацією річки, мулонакопиченням та наявністю антропогенного

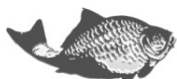


забруднення. Усі ці процеси викликають пригнічення життєдіяльності фільтраторів з молюсків та ракоподібних, які є найбільш потужними агентами самоочищення з представників зоопланктону та зообентосу. Найбільші показники розвитку зоопланктону ($191,2 \text{ мг/м}^3$) та зообентосу ($31,3 \text{ г/м}^2$) зафіксовані навпроти аварійного скиду правобережних стічних вод (стимулюючий вплив органічного забруднення), найменші — біля шинного заводу (вплив хімічного забруднення промислових стічних вод). На ділянці «Біля автотраси Дніпро — Запоріжжя» показники розвитку зоопланктону були низькими, а зообентосу — високими, завдяки великій біомасі олігохет. Таким чином, найнижчі показники розвитку зоопланктону, відзначені біля шинного заводу й автотраси, можуть бути наслідком впливу як хімічного забруднення, так і замулення цих ділянок. Якщо навпроти скиду стічних вод домінували планктонні сапробіонтні коловертки, то на вищерозташованих ділянках річки — бделоїдні коловертки, домінування планктонних та придонних коловерток-сапробіонтів зумовило найвищі індекси сапробності (2,53–2,64) на цих ділянках. Найчистішими, згідно індексу КІСУ, виявились ділянки річки на 3 км і на 2 км вище гирла, на що вказує найбільший, порівняно з іншими ділянками, розвиток тут фільтраторів і найменші індекси сапробності (1,95–2,08). Отримані результати свідчать про досить ефективну біогенну детоксикацію та осадження токсичних речовин, що надходять до річки на вищерозташованих ділянках (при цьому органічна та хімічна складові антропогенного забруднення проявляють антагоністичний характер, що сприяє нівелюванню дії токсикантів), а також про розбавлювальний вплив великих мас води з річки Дніпро з відповідним поповненням гідробіоценозу на пригирлових ділянках його притоки.

Подальший моніторинг структурно-функціональних показників зоопланктону та зообентосу річки Мокра Сура дозволить запобігти подальшій деградації ділянок річки, які зазнають дії забруднень, а також розраховувати збитки, заподіяні рибному господарству внаслідок впливу стічних вод.

ЛІТЕРАТУРА

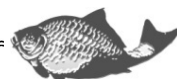
1. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Количественные методы экологии и гидробиологии. Тольятти, 2005. С. 68—78.
2. Барановский Б. А. Растительность руслового равнинного водохранилища. Днепропетровск : Днепропетровский университет, 2000. 172 с.
3. Берестов О. І., Приходько В. П. Зообентос заток водосховища // Вісник Дніпропетровської гідробіологічної станції. Т. 7. Зообентос водосховища. Дніпропетровськ, 1941. С. 215—286.
4. Боруцкий Е. В. *Harpacticoidae* пресных вод. Ракообразные. Москва ; Ленинград : АН СССР, 1952. 425 с. (Фауна СССР ; т. 11).
5. Боруцкий Е. В., Степанова Л. А., Кос М. С. Определитель *Calanoida* пресных вод СССР. Ленинград : Наука, 1991. 504 с.
6. Гайдаш Ю. К. Динамика развития донной фауны Запорожского (Днепропетровского) водохранилища в условиях каскада // Биологические аспекты охраны и рационального использования окружающей среды. Днепропетровск, 1977. С. 31—41.
7. Гриб И. В. Основные направления стратегии защиты и восстановления экосистем малых рек // II Всесоюзная конференция по рыбохозяйственной



- токсикології : тези докл. Т. 1. Санкт-Петербург : Росрыбхоз, 1991. С. 135—136.
8. Дыга А. К. Динамика зоопланктона заливов Запорожського водохранилища в зв'язі з їх евтрофіруванням // Круговорот речовини та енергії в водоймах : сб. науч. тр. Лиственничное на Байкале, 1977. С. 166—169.
 9. Запорожське водохранилище / Дворецкий А. И. та др. Днепропетровськ : Днепропетровський університет, 2000. 170 с.
 10. Кораблева А. И. Оцінка рівня забруднення Запорожського водохранилища важкими металами та пропозиції по розробці природоохоронних заходів. Днепропетровськ, 1991. 52 с.
 11. Кутикова Л. А. Бделлоїдні коловатки фауни Росії. Москва : Товариство наукових видань КМК, 2005. 315 с.
 12. Кутикова Л. А. Коловатки фауни СРСР. Ленінград : Наука, 1970. 744 с.
 13. Мануйлова Е. Ф. Ветвистоусі рачки (*Cladocera*) фауни СРСР. Москва ; Ленінград : Наука, 1964. 327 с.
 14. Матвій С. Г. Застосування побутових відбілювачів при визначенні коловаток // Известия Иркутського державного університету. 2008. № 1. С. 108—113. (Серія «Біологія. Екологія»).
 15. Мережко А. И. Екологічні проблеми експлуатації малих річок // Гідробіологічний журнал. 1987. Т. 23, № 1. С. 3—7.
 16. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / Арсан О. М. та ін. Київ : ЛОГОС, 2006. 408 с.
 17. Монченко В. І. Щелепнороті циклоподібні, циклопи. Київ : Наукова думка, 1974. 450 с.
 18. Рожко-Рожкевич С. І. Зоопланктон допливів і водойм балок порожистої частини р. Дніпра та його зміни під впливом побудовання греблі Дніпрогесу // Праці Дніпропетровської гідробіологічної станції. 1937. № 2. С. 85—104.
 19. Сучасні проблеми гідробіології. Запорізьке водосховище / Федоненко О. В. та ін. Дніпропетровськ : Дніпропетровський університет, 2012. 280 с.
 20. Яковенко В. О., Дворецкий А. І. Зообентос Дніпровського водосховища в умовах антропогенного впливу // Рибогосподарська наука України, 2010. № 2. С. 53—59.
 21. Яковенко В. О. Зоопланктон Дніпровського водосховища в умовах антропогенного впливу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.17 «Гідробіологія». Київ, 2009. 26 с.
 22. Divergent gene copies in the asexual class *Bdelloidea* (*Rotifera*) separated before the bdelloid radiation or within bdelloid families / Welch M. D. B. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2004. Vol. 101. P. 1622—1625.
 23. Phosphorus losses from agricultural areas in river basins: Effects and uncertainties of targeted mitigation measures / Kronvang B. et al. // J. Environ. Qual. 2016. Vol. 34. P. 2129—2144.
 24. Yakovenko V., Fedonenko E. (2016). Zooplankton of Mokraya Sura river // International Letters of Natural Sciences. 2016. Vol. 51. P. 29—35.

REFERENCES

1. Bakanov, A. I. (2005). Ispol'zovaniye zoobentosa dlya monitoringa presnovodnykh vodoyemov (obzor). *Kolichestvennyye metody ekologii i gidrobiologii*. Tolyatti, 68-78.
2. Baranovsky, B. A. (2000). *Rastitel'nost' ruslovogo ravninnogo vodokhranilishcha*. Dnepropetrovsk: Dnepropetrovsky natsional'niy universitet.



3. Berestov, O. I., & Prikhod'ko, V. P. (1941). Zoobentos zatok vodoskhovyshcha. *Visnyk Dnipropetrovs'koyi hidrobiolohichnoyi stantsiyi. (Vol. 1-7; Vol. 7). Zoobentos vodoskhovyshcha.* Dnipropetrovsk, 215-286.
4. Borutsky, E. V. (1952). *Harpacticoidae presnykh vod. Rakoobraznyye. Fauna SSSR. (Vol. 11).* Moskva-Leningrad: AN SSSR.
5. Borutsky, E. V., Stepanova, P. A., & Kos, M. S. (1991). *Opredelitel' Calanoida presnykh vod SSSR.* Leningrad: Nauka.
6. Gaidash, Yu. K. (1977). Dinamika razvitiya donnoy fauny Zaporozhskogo (Dneprovskogo) vodokhranilishcha v usloviyakh kaskada. *Biologicheskkiye aspekty okhrany i ratsional'nogo ispol'zovaniya okruzhayushchey sredy.* Dnepropetrovsk, 31-41.
7. Grib, I. V. (1991). Osnovnyye napravleniya strategii zashchity i vosstanovleniya ekosistem malykh rek. *II Vsesoyuznaya konferentsiya po rybokhozyaystvennoy toksikologii. (Vol. 1).* Sankt Peterburg: Rosrybkhhoz, 135-136.
8. Dyga, A. K. (1977). Dinamika zooplanktona zalivov Zaporozhskogo vodokhranilishcha v svyazi s ikh evtrofirovaniyem. *Krugovorot veshchestva i energii v vodoyemakh.* Listvennichnoye na Baykale, 166-169.
9. Dvoretzky, A. I., Ryabov, F. P., & Emets, G. P. et al. (2000). *The Zaporizhzhya Reservoir.* Dnepropetrovsk: Dnepropetrovsky natsional'niy universitet.
10. Korableva, A. I. (1991). *Otsenka urovnya zagryazneniya Zaporozhskogo vodokhranilishcha tyazhelymi metallami i predlozheniya po razrabotke prirodookhrannykh meropriyatiy.* Dnepropetrovsk.
11. Kutikova, L. A. (2005). *Bdelloidnyye kolovratki fauny Rossii.* Moskva: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK.
12. Kutikova, L. A. (1970). *Kolovratki fauny SSSR.* Leningrad: Nauka.
13. Manujlova, E. F. (1964). *Cladocerans (Cladocera) of fauna USSR.* Moskva; Leningrad: Nauka.
14. Matviy, S. G. (2008). Primeneniye bytovykh otbelivateley pri opredelenii kolovratok. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Biologiya. Ekologiya», Irkutsk, 1, 108 – 113.*
15. Merezko, A. I. (1987). Ekologicheskkiye problemy ekspluatatsii malykh rek. *Gidrobiologicheskyy zhurnal, 23, 1, 3-7.*
16. Arsan, O. M., Davidov, O. A., & Djachenko, T. M. et al. (2006). *Metody hidroekolohichnykh doslidzhen' poverkhnevyykh vod.* Kyiv: LOGOS.
17. Monchenko, V. I. (1974). *Shchelepnoroti tsyklopodibni, tsyklopy.* Kyiv: Naukova dumka.
18. Rozhko-Rozhkevych, S. I. (1937). Zooplankton doplyviv i vodoym balok porozhystoyi chastyny r. Dnipra ta yoho zminy pid vplyvom pobuduvannya hrebli Dniprohesu. *Pratsi Dnipropetr. hidrobiol. stantsiyi, 2, 85-104.*
19. Fedonenko, O. V. (2012). Suchasni problemy hidrobiolohiyi. Zaporiz'ke vodoskhovyshche. Dnipropetrovsk: Dnipropetrovs'kyi universytet.
20. Yakovenko, V. O. (2010). Zoobentos Dniprovs'koho vodoskhovyshcha v umovakh antropohennoho vplyvu. *Rybohospodars'ka nauka Ukrainy, 2, 53-59.*
21. Yakovenko, V. O. (2009). Zooplankton Dniprovs'koho vodoskhovyshcha v umovakh antropohennoho presu. *Extended abstract of candidate's thesis.* Kyiv.
22. Welch, M. D. B., Cummings, M. P., Hillis, D. M., Meselson, M. (2004). Divergent gene copies in the asexual class *Bdelloidea (Rotifera)* separated before the bdelloid radiation or within bdelloid families. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 101, 1622-1625.*



23. Kronvang B., Bechmann M., Lundekvam H., Behrendt H., Rubæk G. H., Schoumans O. F., Syversen N., Andersen H. E., Hoffmann C. C. (2016). Phosphorus losses from agricultural areas in river basins: Effects and uncertainties of targeted mitigation measures. *J. Environ. Qual.*, 34, 2129-2144.
24. Yakovenko, V., & Fedonenko, E. (2016). Zooplankton of Mokraya Sura river. *International Letters of Natural Sciences*, 51, 29-35.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА РЕКИ МОКРАЯ СУРА

В.А. Яковенко, yakovenko@ukr.net, кафедра общей биологии и водных биоресурсов Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара, г. Днепр

Е. В. Федоненко, hydro-dnu@ukr.net, кафедра общей биологии и водных биоресурсов Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара, г. Днепр

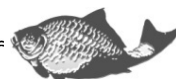
Н.И. Тушницкая, n-tushnitska@ukr.net, Институт рыбного хозяйства НААН, г. Киев

Цель. Исследовать распределение структурно-функциональных показателей зоопланктона и зообентоса на загрязненных и условно чистых участках реки Мокрая Сура, испытывающей антропогенную нагрузку летом, в период максимального развития гидробиоценоза.

Методика. Во время сбора и дальнейшей лабораторной обработки проб зоопланктона и зообентоса использовались соответствующие стандартные общепринятые гидробиологические методики. Для ранжирования станций на основании структурно-функциональных показателей зообентоса использовали комбинированный индекс состояния сообщества (КИСС).

Результаты. Проведенные исследования показали, что видовой состав зообентоса и зоопланктона реки Мокрая Сура включает много сапробионтов из числа олигохет, хирономид и коловраток, которые на отдельных участках получали значительное развитие под влиянием эвтрофикации, илонакопления и при наличии антропогенного загрязнения — процессов, вызывающих угнетение жизнедеятельности фильтраторов из числа моллюсков и ракообразных, которые являются наиболее мощными агентами самоочищения из представителей зообентоса и зоопланктона. Самые высокие показатели развития зоопланктона и зообентоса зафиксированы напротив аварийного сброса правобережных сточных вод (стимулирующее влияние органического загрязнения), наименьшие — около шинного завода (совместное влияние химического загрязнения сточных вод и заиления). На станции «Около автотрассы Днепр — Запорожье» низкие показатели развития зоопланктона были следствием заиления, тогда как биомасса зообентоса здесь оказалась самой высокой благодаря интенсивному развитию олигохет. Если напротив сброса сточных вод доминировали планктонные сапробионтные коловратки, то на вышерасположенных участках реки — бделлоидные коловратки; доминирование планктонных и придонных коловраток-сапробионтов обусловило высокие индексы сапробиотности на этих участках. Наиболее чистыми, согласно индексу КИСС, оказались участки реки на 3 км и на 2 км выше устья, на что указывает также наибольшее, по сравнению с другими участками, развитие здесь фильтраторов и наименьшие индексы сапробиотности. Данные результаты свидетельствуют о достаточно эффективной биоогенной детоксикации и осаднении токсических веществ на вышерасположенных участках, а также о разбавляющем влиянии больших масс воды реки Днепр на приустьевых участках его притоков.

Научная новизна. Впервые проведена оценка экологического состояния участков реки Мокрая Сура на основании результатов комплексного исследования структурно-функциональных показателей зоопланктона и зообентоса в период максимального



розвитку гідробіоценоза.

Практическа́я значимість. *Полученные результаты могут быть использованы при гидроэкологическом мониторинге для выявления опасного экологического состояния малых рек и предотвращения дальнейшей деградации их экосистем, а также при расчете убытков, причиненных рыбному хозяйству вследствие влияния сточных вод.*

Ключевые слова: *река Мокрая Сура, эвтрофикация, зоопланктон, зообентос, олигохеты, бделлоидные коловратки.*

ZOOPLANKTON AND ZOOBENTHOS OF THE MOKRA SURA RIVER

V. Yakovenko, yakovenko@ukr.net, Department of General Biology and Water Bioresources, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro

O. Fedonenko, hydro-dnu@ukr.net, Department of General Biology and Water Bioresources, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro

N. Tushnytska, n-tushnitska@ukr.net, Institute of Fisheries NAAS, Kyiv

Purpose. *To study the spatial distribution of structural and functional indicators of zooplankton and zoobenthos during the period of maximum development of hydrobiocenosis in the contaminated and conditionally clean sites of the Mokra Sura river being under antropogenic pressure.*

Methodology. *During the collection and subsequent laboratory processing of zooplankton and zoobenthos samples, we used the standard conventional hydrobiological methods. In order to rank the studied river sites, we used the combined index of the community state (CICS) based on the structural-functional indicators of zoobenthos.*

Findings. *The research results have shown that the species composition of zoobenthos and zooplankton of the Mokra Sura river included many saprobiontic species such as oligochaetes, chironomids and rotifers, which were developed significantly in some sites under the effect of eutrophication and silt accumulation in the presence of anthropogenic pollution. The above-mentioned processes cause inhibition of the life activity of such filter feeders as mollusks and crustaceans being the most powerful zooplanktonic and zoobenthic agents of self-cleaning. The highest numbers of zooplankton and zoobenthos development were recorded in front of the point of the emergency discharge of right-bank sewage water (stimulating effect of organic pollution) while the lowest numbers were registered near the tire plant (combined effect of both chemical sewage pollution and silt accumulation). In the «Dnipro - Zaporizhzhia highway» site, low numbers of zooplankton development were the result of silt accumulation, whereas the zoobenthos biomass turned out to be the highest due to the intensive development of oligochaetes. Planktonic saprobiontic rotifers dominated in the site located in front of the sewage discharge whereas bdelloid rotifers dominated in the upstream sites of the river. The dominance of planktonic and benthic saprobiontic rotifers caused the highest saprobity indices in these sites. According to CICS index, the sites of 3 km and 2 km upstream from the river mouth were the purest ones as indicated by the greatest development of filter feeding crustaceans and the lowest indices of saprobity compared to the other sites studied. These results indicate a very effective biogenic detoxification and precipitation of toxic substances entering the river in the above-mentioned areas, as well as dilution effects of large water masses from the Dnieper River in the mouth areas of its tributaries*

Originality. *For the first time, the ecological state of the selected sites of the Mokra Sura River was assessed on the basis of the results of a comprehensive study of the structural and functional indicators of zooplankton and zoobenthos during the maximum development of their hydrobiocenosis.*

Practical value. *The obtained results can be used for hydroecological monitoring to detect the dangerous ecological state of small rivers and to prevent further degradation of the ecosystems of small rivers as well as for calculation of fish losses caused by sewage water effects.*

Keywords: *mokra Sura river, eutrophication, zooplankton, zoobenthos, oligochaetes, bdelloid rotifers.*

