



Original researches

**Dynamics of Quality Indicators of Water Status
in the Principal Channel “Dnipro–Donbas” Resulting
of Seasonal Pumping**

Received: 02 April 2019
Revised: 10 April 2019
Accepted: 11 April 2019

Dnipro State Agrarian and Economic
University, Serhii Efremov Str., 25, 49000,
Dnipro, Ukraine

Tel.: +38-067-564-70-85
E-mail: novitskyroman@gmail.com

Cite this article: Vasylieva, O. M., Novitskyi, R. O.,
Hubanova, N. L., Horchanok, A. V., &
Sapronova, V. O. (2019). Dynamics of quality
indicators of water status in the principal
channel “Dnipro–Donbas” resulting of seasonal
pumping. *Agrology*, 2(2), 106–111. doi:
10.32819/019015

O. M. Vasylieva, R. O. Novitskyi, N. L. Hubanova, A. V. Horchanok, V. O. Sapronova
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Abstract. The results of assessing the dynamics of water quality changes in artificial reservoirs after annual seasonal pumping are presented. The hydrochemical index was the criterion for evaluation, a comparative environmental assessment of the quality of the channel water was carried out by quantity of this index. It is proved that the hydroecosystem of the “Dnipro–Donbas” channel is a dynamic system that requires constant monitoring, identification, elimination of sources of pollution and conducting of hydrotechnical and melioration works. The index of the specific indicator block and the trophic-saprophytic indicator block are twice bigger than the salinity index, that means the indices of these blocks have a significant effect on the deterioration of water quality in the channel. It was established that hydrotechnical arrangements affect the level of mineralization in the reservoir: there are processes of salts migration in the water, the level of sulfates and chlorides significantly decreases. The carrying out of hydrotechnical arrangements affects the level of saprobity in the reservoirs, which leads to a significant increase of the oxygen level in water. In the channel water before pumping a high content of ^{90}Sr is observed, although in the organisms of fish (goldfish *Carassius auratus gibelio*, silver carp *Hypophthalmichthys molitrix*, grass carp *Ctenopharyngodon idella*, common carp *Cyprinus carpio*, eastern bream *Abramis brama*) the content of radionuclides (^{137}Cs , ^{90}Sr) remains within permissible levels. After pumping water, the content of radionuclides decreases by 9.7 times. Fish products in the “Dnipro–Donbas” channel are safe by radioecological indicators. Due to the dilution of water the dynamics of eutrophication processes decreases; during mixing aeration of water masses occurs, which undoubtedly positively affects the state of the ecosystem of the “Dnipro–Donbas” channel. The water quality of the “Dnipro–Donbas” channel with the average values of the indicators before pumping and after it belongs to the second class of quality and can be evaluated as “good” and “clean”. The above calculations show the positive influence of hydrotechnical works on the quality of water in the channel. Hydrobiological, biochemical, microbiological indicators and indicators of biological testing require further research for effective compensatory environmental arrangements, development of recommendations on the mode of operation of the “Dnipro–Donbas” channel. To assess objectively the environmental status of the channel it is necessary to develop and implement an effective environmental monitoring system.

Keywords: radionuclides in fish and water; hydrobionts; fish quality; properties of water; ecological evaluation; artificial reservoir; biotesting; water quality; pumping; ecological assessment.

**Динаміка якісних показників стану риби в каналі “Дніпро–Донбас”
унаслідок сезонного прокачування**

О. М. Васильєва, Р. О. Новіцький, Н. Л. Губанова, А. В. Горчанок, В. О. Сапронова
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Анотація. Представлено результати оцінки динаміки змін якості води та риби у штучному водоймищі після щорічних сезонних прокачувань. Критерієм оцінки слугував гідрохімічний індекс, за величиною якого проведено порівняльну екологічну оцінку якості води каналу. Доведено, що гідроекосистема каналу “Дніпро–Донбас” є динамічною системою, яка потребує постійного моніторингу, ідентифікації, усунення джерел забруднення та проведення гідротехнічних і меліоративних робіт. Установлено, що гідротехнічні заходи впливають на рівень мінералізації у водоймі: у воді відбуваються процеси міграції солей, значно знижується рівень сульфатів і хлоридів. Проведення гідротехнічних заходів впливає на рівень сапробності у водоймах, призводить до значного підвищення рівня кисню у воді. У каналі до прокачування спостерігається підвищений уміст ^{90}Sr , хоча в організмі риби (карась сріблястий *Carassius auratus gibelio*, товстолобик білий *Hypophthalmichthys molitrix*, амур білий *Ctenopharyngodon idella*, короп *Cyprinus carpio*, лящ *Abramis brama*) уміст радіонуклідів (^{137}Cs , ^{90}Sr) залишається в межах допустимих норм. Після прокачування води вміст радіонуклідів зменшується в 9,7 рази. Риба продукція в каналі “Дніпро–Донбас” за радіоекологічними показниками

є безпечною. Завдяки розбавленню води зменшується динаміка процесів евтрофікації, відбувається аерація водних мас при перемішуванні, що безперечно позитивно впливає на стан екосистеми каналу “Дніпро–Донбас”. Якість води за середніми значеннями показників до прокачування та після нього належить до другого класу якості й може оцінюватися як “добра” та “чиста”. Наведені розрахунки свідчать про позитивний вплив здійснення гідротехнічних робіт на якість води в каналі. Гідробіологічні, біохімічні, мікробіологічні показники та показники біотестування потребують подальших досліджень у напрямку проведення ефективних компенсаційних природоохоронних заходів, розробки рекомендацій щодо режиму функціонування каналу “Дніпро–Донбас”. Для об’єктивної оцінки екологічного стану каналу треба розробити та запровадити систему ефективного екологічного моніторингу.

Ключові слова: радіонукліди в рибі та воді; гідробіонти; якість риби; властивості води; екологічна оцінка; штучні водойми; біотестування.

Вступ

Міграція поллютантів різноманітного походження все ще залишається нагальною проблемою сьогодення (Ren et al., 2010; Nissensohn et al., 2016; Sun et al., 2018). Проблема забруднення стосується як природних водойм, так і водойм штучного походження, серед яких особливої уваги потребують канали, які не тільки виконують функції забезпечення водою посушливих ділянок, а і є місцем існування популяцій гідробіонтів (Khrystenko et al., 2013).

Канал “Дніпро–Донбас” являє собою унікальну гідротехнічно-енергомеханічну споруду, основне призначення якої своєчасно забезпечувати дніпровською водою потреби населення, промисловості, підприємств аграрного сектору в Полтавській, Дніпропетровській, Харківській областях. Канал виконує також важливі функції здійснення санітарно-компенсаційних попусків у р. Сіверський Донець і підтримання в нормі еколого-гідрологічного режиму (Oksijuk et al., 1990; Novitskiy et al., 2015).

Канал “Дніпро–Донбас” спроможний забезпечити водою Донецьку область шляхом подачі води з Краснопавлівського водосховища у р. Сіверський Донець і далі по каналу “Сіверський Донець–Донбас”.

З моменту побудови каналу, пуску його першої черги (1982 р.) й дотепер відбулися негативні зміни у штучно створеній водній екосистемі: замулення, заростання водною рослинністю (жорсткою надводною і м’якою підводною), погіршення якості води, санітарних характеристик водних ресурсів тощо. Суттєво змінився гідрологічний режим, який прямо залежить від обсягів і термінів прокачування води. Відповідно під тиском цих факторів значно погіршилася загальноекологічна і санітарно-епідеміологічна ситуація на ділянках каналу, спостерігалися явища літньої та зимової задухи, явища “цвітіння” води внаслідок надмірного розвитку окремих груп фітопланктону, що може негативно впливати на стан іхтіофауни в даній водоймі (Sukhareno et al., 2011; Dvoretzkiy et al., 2016).

Для поліпшення якості води та зменшення негативних природних чинників на процеси регулювання подачі та розподілу води на каналі “Дніпро–Донбас” з 2010 року Дніпропетровською обласною громадською організацією “Дніпровська природна інспекція” проводяться масштабні біомеліоративні роботи на ділянці каналу від головної водозабірної споруди до насосної станції № 9 (згідно з проектом УкрНДІЕП г/д № 184/1.1).

У 2014 р. у складі іхтіофауни каналу “Дніпро–Донбас” на території Дніпропетровської області дослідженнями зареєстровано 26 видів риб. Практично всі вони належать до лімнофільного екологічного комплексу, 3 види – реофіли. Рибне різноманіття на окремих ділянках варіює від 7 до 17 видів риб. На всіх обстежених ділянках спостерігається оптимізований розвиток і формування сталих популяцій туводних риб (плітка, плоскирка, краснопірка, шука, окунь, лин). За розміром і вагою досліджені аборигенні риби з каналу випереджають таких риб з будь-яких річок регіону. Найкращі показники темпів росту і ваги – у плітці *R. rutilus* та лина *T. tinca* (Novitskiy et al., 2015).

Враховуючи велике значення водних ресурсів каналу як джерела централізованого питного водопостачання кільком об-

ластям і середовища існування для водних біоресурсів, моніторинг якості води має бути сталим, ретельним. Лабораторія Управління каналу “Дніпро–Донбас” здійснює періодичний контроль за основними гідрохімічними показниками, але комплексний порівняльний аналіз усіх показників якості води не проводився, що обумовлює безперечну актуальність досліджень.

Метою роботи було оцінити якісні й кількісні зміни гідрохімічних показників води, гідробіонтів, включаючи рибу, при проведенні періодичних гідротехнічних робіт (планове прокачування води з Кам’янського (Дніпродзержинського) водосховища по всій трасі каналу до Краснопавлівського водосховища), їх вплив на якість рибної продукції каналу.

Матеріал і методи досліджень

Восени 2016 р. та в липні 2018 р. під час комплексної експедиції був проведений відбір зразків води в таких пунктах: на Кам’янському водосховищі поблизу аванкамери каналу “Дніпро–Донбас”; на Головній водозабірній споруді (ГВС) до та після 12 насосних станцій по трасі каналу (всього 24 зразки); на Краснопавлівському водосховищі (Rudenko et al., 1998). Після прокачування води по всій трасі каналу в липні 2018 року здійснили повторний відбір зразків на зазначених станціях. Усього протягом літнього періоду 2018 р. відібрано і досліджено 50 проб води.

Іхтіологічний матеріал (карась сріблястий *Carassius auratus gibelio*, товстолобик білий *Hypophthalmichthys molitrix*, амур білий *Stenopharyngodon idella*, короп *Cyprinus caprio*, лящ *Abramis brama*) відбирали восени 2016 р. та 2018 р. після прокачування води на ділянках каналу “Дніпро–Донбас”: № 16 (Могилівська), вище насосної станції № 7 (селище Перещепине), вище насосної станції № 10 (Орільківське водосховище) – рисунок.

Гідробіонтів вилучали зі ставних сіток із вічком 40–70 мм. Для радіоекологічного аналізу відбирали по 5 екземплярів риб кожного виду (у середньому не менше 2,0 кг ваги). Аналіз отриманих даних, їх узагальнення та інтерпретацію отримали на базі Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК НУБіП України та Дніпропетровської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. Визначали рівні вмісту радіонуклідів природного (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) і штучного (^{137}Cs , ^{90}Sr) походження в тканинах риб.

Проби води обробляли за стандартними методиками лабораторних досліджень (Romanenko, 2006; Hrytsenko et al., 2012). Підготовку проб риби до спектрометричного аналізу проводили за загальноприйнятими методиками. Рівень радіоактивності риби визначали за допомогою сцинтиляційного спектрометра “Сер-001 “АКП-С”, для обробки спектрів користувалися пакетом програмного забезпечення АК-1. Діапазон вимірювання спектрометра – 50–3000 кеВ, що дозволяє забезпечити радіоекологічний контроль в об’єктах навколишнього середовища згідно з нормативами ДР-2006. Екологічну оцінку води розраховували за методикою (Romanenko et al., 1998). Отриманий матеріал аналізували і піддавали статистичній обробці в програмі Microsoft Excel 2010.



Рис. Карта-схема гідротехнічного каналу “Дніпро–Донбас”

Результати

Вихідні дані були проаналізовані в контексті їх змін у просторі (по всій трасі каналу) та у часі (період до та після закачування води з Кам'янського водосховища). Відповідно до методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за хімічною класифікацією всі показники було розділено на три блоки, розраховано екологічний індекс за кожним блоком і зроблена узагальнююча класифікація.

Блок показників соляного складу. Джерелом води в каналі є водні ресурси Кам'янського водосховища, тому спостерігали подібний хімічний склад протягом перших п'яти точок забору, але поступово загальна мінералізація збільшувалася. На дванадцяти останніх пунктах вона перевищила 1000 мг/дм³ з максимальним значенням 3748 мг/дм³, що відповідає класу солонуватих вод β-мезагалінної категорії.

Після проведення прокачування значення показника загальної мінералізації розподілено рівномірно протягом каналу і не перевищує 920 мг/дм³ (прісні олігогалінні води), що відповідає типовому складу вод басейну р. Дніпро в лісостеповій і степовій гідрохімічній областях.

Така сама закономірність спостерігається й при аналізі вмісту сульфатів. Їх вміст збільшується від 10 мг/дм³ до 1237 мг/дм³. Тобто за максимальним вмістом сульфатів воду каналу можна віднести до 4-ої категорії по екологічній класифікації. Водночас за середнім значенням вода відповідає 2-й категорії. Після прокачування вміст сульфатів підвищувався по мірі віддалення від водосховища, але більш повільно.

Розподіл хлоридів відповідає загальній тенденції та дозволяє віднести воду до 3-ої та 1-ої категорій, відповідно (табл. 1).

У період між прокачуваннями відбувається забруднення компонентами соляного складу, тобто погіршення категорії якості з відмінної до задовільної.

Блок показників трофо-сапробіологічного стану. Уміст кисню до прокачування в перших пунктах водозбору стабільно низький (приблизно 2,5 мгО₂/дм³). Загалом його концентрація підвищується по трасі каналу до 10 мгО₂/дм³, але в місцях водопоєю тварин, унаслідок безпосереднього надходження до каналу біогенних речовин, уміст кисню знижується до мінімальних значень (1,2 мгО₂/дм³) – табл. 2.

Концентрація кисню після прокачування підвищилася і стала більш рівномірно розподіленою, але біохімічне споживання кисню (БСК) залишилося на рівні до прокачування (приблизно 4 мгО₂/дм³). Можливо, це пов'язано з переходом значної кількості органічних речовин у товщу води внаслідок перемішування.

Концентрація сполук азоту до прокачування була високою і відповідала 3-й, а інколи й 4-й категоріям. Але відсоткове відношення нітратного азоту було нижче, ніж нітратного і амонійного, що характерно для вегетаційного періоду. У цілому за трофо-сапрофітними показниками якість води підвищилася на дві категорії – зі “задовільної” до “дуже доброї”.

Зважаючи на значний уміст стронцію у воді каналу “Дніпро–Донбас” (табл. 3), як до прокачування, так і після нього, були перевірені рівні накопичення радіонуклідів у рибній продукції

Таблиця 1. Екологічна оцінка якості води каналу “Дніпро–Донбас” за показниками соляного складу (літо 2018 р.)

Показник	Показник якості води, мг/дм ³						Екологічна оцінка якості води за критеріями									
	сума іонів	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na	Ca	Mg	мінералізація	іонний склад		забруднення компонентами соляного складу			клас якості			
	величина категорія	величина категорія	величина категорія	величина	величина	величина	клас	категорія	клас	група	тип	підсумкові розрахунки				
												n ₁		Σ	X _{ср}	категорія
суб-категорія																
Середнє значення до прокачування	1288 2	110 3	455 2	93	201	37	олігогалінні	гідрокарбонатний	кальцієво-натрієва	перший	3	7	2,3	2	2(3)	II
Мах 1 (максимальне значення до прокачування)	3748 5	251 4	1234 4	175	375	61	прісні води	β-мезагалінні			3	13	4,3	4	4(5)	III
Середнє значення після прокачування	695 1	46 1	82 1	51	49	15	олігогалінні	гідрокарбонатний	кальцієво-натрієва	перший	3	3	1	1	1	I
Мах 2 (максимальне значення після прокачування)	920 1	85 2	200 2	69	135	21	олігогалінні	гідрокарбонатний	кальцієво-натрієва	перший	3	5	1,6	1	1–2	II

Таблиця 2. Екологічна оцінка якості води каналу “Дніпро–Донбас” за трофо-сапрофітними показниками (літо 2018 р.)

Показник	рН	Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	Завислі речовини, мг/дм ³	Прозорість, м	NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	NO ₂ ⁻ , мг N/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	Перманганатна окиснюваність, мгО ₂ /дм ³	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Підсумкові розрахунки	I ₂	Клас якості												
													категорія	величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	величина	n ₁	Σ	X _{фрл}	категорія
Середнє значення до прокачування	8,2	4	5,4	5	34	5	0,35	5	0,22	3	0,006	3	0,05	1	7	3	4,8	5	9	34	3,7	4	4(3)	III
Max 1 (максимальне значення до прокачування)	8,9	7	1,21	7	37	5	0,45	5	0,11	2	0,023	5	0,29	2	10,2	5	7,2	6	9	48	5,3	5	5(4)	III
Середнє значення після прокачування	8,1	3	7,7	2	10	2	1,5	2	0,04	1	0,001	1	0,013	1	7	3	3,9	4	9	20	2,2	2	2(3)	II
Max 2 (максимальне значення після прокачування)	8,9	7	7,1	3	25	4	0,5	4	0,06	1	0,0012	1	0,029	1	8	3	4,1	5	9	30	3,3	3	3(4)	II

Таблиця 3. Екологічна оцінка якості води каналу “Дніпро–Донбас” за специфічними показниками токсичної та радіаційної дії (літо 2018 р.)

Показник	Показник якості води, мкг/дм ³												I ₃	Клас якості										
	Fe	Hg	Cd	Cu	Zn	Pb	As	Sr, Кu/дм ³	Підсумкові розрахунки	n ₁	Σ	X _{фрл}												
Середнє значення до прокачування	57	2	<0,02	1	1,0	5	107	7	194	6	0,4	1	<0,02	1	30,5	5	8	28	3,5	4	4	4	3-4	II
Max 1 (максимальне значення до прокачування)	142	4	<0,02	1	1,2	5	150	7	470	7	0,6	1	<0,02	1	165,2	7	8	33	4,1	4	4	4	4	III
Середнє значення після прокачування	45	2	<0,02	1	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,02	1	8,1	5	4	9	2,3	2	2	2	2(3)	II
Max 2 (максимальне значення після прокачування)	158	4	<0,02	1	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,02	1	17,0	5	4	11	2,8	3	3	3	3(2)	II

каналу. Отримані результати свідчать про те, що вміст радіонуклідів у дослідних зразках риби не перевищує допустимих рівнів (табл. 4). Зазначимо, що нормативи по основних дозоутворюючих радіонуклідах становлять для ^{137}Cs – 150 Бк/кг, ^{90}Sr – 35 Бк/кг.

Об’єднана оцінка. Величину екологічного індексу хімічної класифікації розраховували як середнє арифметичне блокових індексів.

Рівень трофо-сапрофітних показників і специфічність води мають удвічі більше значення, ніж індекс сольового складу, та є чинниками, що суттєво впливають на погіршення якості води в каналі. Такими слугують концентрація кисню у воді та пов’язані з нею показники БСК і перманганатної окиснюваності.

Занепокоєння викликають величини показників міді та стронцію, за якими вода характеризується як “дуже погана” та “дуже брудна” (табл. 5).

Обговорення

Гідрохімічний режим каналу “Дніпро–Донбас” визначається гідрохімічними показниками водних ресурсів Кам’янського водосховища у районі ГВС (головної водозабірної споруди), формуванням якості води по трасі каналу та режимом його прокачування.

Формування якості води в каналі обумовлено надходженням забруднюючих речовин ззовні, внутрішньоводоймовими процесами та біологічним забрудненням у результаті масового

розвитку гідробіонтів. Відомо, що внутрішньоводоймові процеси самозабруднення та трансформації автохтонних і алохтонних забруднюючих речовин залежать від характеру екосистем, мають чітко виражену специфіку, яка обумовлена типом водного об’єкту (Fedonenko et al., 2012; Kruzhilina & Kotovs’ka, 2013; Vannucci et al., 2018).

Унаслідок прокачування трасою каналу спостерігаються позитивні зміни якісних показників води порівняно з періодом стагнації. Відбувається поліпшення якості високомінералізованої води. Завдяки розбавленню зменшується динаміка процесів евтрофікації, відбувається аерація водних мас при перемішуванні, що, безперечно, позитивно впливає на стан гідроекосистеми каналу “Дніпро–Донбас”. Отже, якість води за середніми значеннями показників до прокачування і після нього (табл. 4) належить до II класу якості та може оцінюватися як “добра” і “чиста”. Але зазначимо, що порівняльна екологічна оцінка якості води дозволяє відстежити тенденції змін: відповідно до характеристик субкатегорій вода до прокачування має тенденцію переходу до гіршого класу, тобто з “доброї” у “задовільну” та “слабко забруднену” (Dvoretzkyi, 2006).

Канал “Дніпро–Донбас” є динамічною системою, яка потребує постійного моніторингу, ідентифікації та усунення джерел забруднення, проведення відповідних гідротехнічних і меліоративних робіт.

Таблиця 4. Показники вмісту радіонуклідів у дослідних зразках риби з різних ділянок каналу “Дніпро–Донбас”

Вид риби	Місце відбору	Рівень накопичення радіонуклідів, Бк/кг				
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	^{90}Sr
Товстолобик білий <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Ділянка № 16 (Могилівська, осінь 2018 р.)	23,20±0,339	16,11±0,376	74,35±0,560	3,09±0,216	1,74±0,095
Лящ <i>Abramis brama</i>		25,78±0,486	10,84±0,205	115,04±0,246	3,10±0,047	1,60±0,047
Карась сріблястий <i>Carassius auratus gibelio</i>	Ділянка насосної станції № 7 (вище сел. Перещепине, осінь 2016 р.)	22,83±0,146	48,39±0,165	70,52±0,136	3,10±0,120	1,22±0,036
Товстолобик білий <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>		67,82±0,221	75,44±0,072	71,95±0,080	1,87±0,095	0,07±0,008
Амур білий <i>Stenopharyngodon idella</i>		57,51±0,156	66,13±0,185	80,07±0,217	1,62±0,079	0,12±0,004
Короп <i>Syrprinus caprio</i>	Ділянка вище насосної станції № 10 (Орільківське водосховище, осінь 2018 р.)	46,43±0,082	14,65±0,157	99,98±0,128	2,50±0,136	1,00±0,031

Таблиця 5. Об’єднана екологічна оцінка якості води каналу “Дніпро–Донбас” за блоковими індексами хімічної класифікації і величиною екологічного індексу (літо 2018 р.)

Показник	Підсумкові розрахунки												
	категорія							клас		За класом		За категорією	
	I_1	I_2	I_3	$I_{\text{ср}}$	категорія	суб-категорія	клас	стан	ступінь чистоти	стан	ступінь чистоти		
Середнє значення до прокачування	2	4	4	3	3,3	3(4)	II	Добра	Чиста	Добра, з переходом у задовільну	Досить чиста, з переходом у слабко забруднену		
Мах 1 (максимальне значення до прокачування)	4	5	4	4,3	4	4(5)	III	Задовільна	Забруднена	Задовільна, з переходом у посередню	Слабко забруднена, з переходом у помірно забруднену		
Середнє значення після прокачування	1	2	2	1,6	2	1–2	II	Добра	Чиста	Дуже добра	Чиста		
Мах 2 (максимальне значення після прокачування)	1	3	3	2,3	2	2(3)	II	Добра	Чиста	Дуже добра, з переходом у добру	Чиста, з переходом у досить чисту		

Доведено, що після прокачування води по трасі каналу характерною тенденцією є покращення характеристик для більшості гідрохімічних показників порівняно з періодом стагнації (до прокачування). Відбувається розбавлення високомінералізованої води каналу “Дніпро–Донбас”, унаслідок чого загальна мінералізація зменшується удвічі, а вміст хлоридів – у три рази.

Аналізуючи показники рівнів вмісту радіонуклідів у воді каналу та в організмі риб, підкреслимо, що вони залежать від концентрації у воді, кормових організмів, віку риб і періоду їх виведення з водної екосистеми (Bilokon et al., 2013). Після прокачування води на трасі каналу вміст радіонуклідів зменшується в 9,7 рази (від 165,2 до 17,0 Кв/дм³). Найнижчі показники накопичення ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr відзначаються для макрофітофага амура білого *Stenopharyngodon idella* і мікрофітофага товстолобика білого *Hypophthalmichthys molitrix*, які з 2010 р. активно застосовуються як біомеліоранти на різних ділянках каналу (Kotovska et al., 2015; Novitskiy et al., 2015). Таким чином, рибна продукція в каналі “Дніпро–Донбас” за радіоекологічними показниками є цілком безпечною. Однак особливу увагу потрібно звернути на максимальні значення показників, які в усіх трьох блоках переводять воду до гіршої категорії, а до прокачування – навіть до III класу якості. Найнижчі значення найчастіше трапляються у другій половині траси каналу (рисунок), які свідчать про високе забруднення саме цієї ділянки траси, що потребує проведення ефективних меліоративних заходів.

Висновки

Розбавлення зменшує динаміку процесів евтрофікації та відбувається аерація водних мас при перемішуванні. Якість води каналу “Дніпро–Донбас” за середніми значеннями показників до прокачування та після нього належить до II класу і може оцінюватися як “добра” та “чиста”. Прокачування води в каналі корегує рівень накопичення радіонуклідів гідробіонтами, сприяє їх зменшенню, тому що вміст радіонуклідів у дослідних зразках риби не перевищує допустимих рівнів.

Перспективи досліджень. І хоча в роботі не враховували сезонні зміни гідрохімічного режиму, отримані результати переконують у позитивному впливі здійснення гідротехнічних робіт на каналі, в обґрунтуванні доцільності їх проведення та більш глибоких дослідженнях.

Безперечно, проведення компенсаційних природоохоронних заходів, розробка рекомендацій щодо режиму функціонування каналу “Дніпро–Донбас”, визначення гідробіологічних, біохімічних, мікробіологічних показників та показників біотестування є необхідними для надання повної екологічної характеристики водойми. Для накопичення інформації та можливості отримати об’єктивну оцінку екологічного стану каналу треба розробити та запровадити систему ефективного екологічного моніторингу, яка буде включати зазначені показники.

References

Bilokon, G. S., Marenkov, O. M., & Dvoretzkiy, A. I. (2013). Soderzhanie radionuklidov i tyazhelyih metallor v ikre nekotoryih promyislovyyih vidov ryib Zaporozhskogo vodohranilisha [Contents of radionuclides and heavy metals in fish roe of commercial fish of the Zaporizhzhya reservoir]. Nuclear Physics and Atomic Energy, 14(1), 81–85 (in Ukrainian).
Dvoretzkiy, A. I. (2006). Zonalne raionuvannya Dniprovskoho vodokhovyshcha za rivnem dii antropohennoho zabrudnennia na hidrobiotsenozy ta yakist vody [Zonal zoning of the Dnipro reservoir by the level of action of anthropogenic pollution on hydrobiocenosis and water quality]. Rybne hospodarstvo, 1, 75–79 (in Ukrainian).
Dvoretzkiy, A. I., Saprionova, V. O., Baidak, L. A., Marenkov, O. M., Bilokon, G. S., Prosjanyk, J. I., & Zajchenko, O. J. (2016). Radioekologhiia vodoim Prydniprovia [Radioecology of the Pridneprovie water ecosystems]. Visnyk Zhytomyrskoho Nat-

sionalnoho Ahroekolohichnoho Universytetu, 1(55), 283–290 (in Ukrainian).
Fedonenko, O. V., Yesipova, N. B., Sharamok, T. S., Ananieva, T. V., Yakovenko, V. O., & Zhezheria, V. A. (2012). Suchasni problemy hidrobiolohii: Zaporizke vodokhovyshche [Modern problems of hydrobiology: Zaporozhye reservoir]. Lira, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
Hrytsenko, A. V., Vasenko, O. V., Vernichenko, H. A., Kovalenko, M. S., Poddashkin, O. V., Vernychenko-Tsvetkov, D. I., Melnykova, N. V., & Miroschnychenko, O. P. (2012). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnyy katehoriiami [Methodology of environmental assessment of the surface waters above the upper categories]. UkrNDIEP, Kharkiv (in Ukrainian).
Khrystenko, D. S., Kotovska, G. O., & Rudik-Leuska, N. J. (2013). Prospects of the Kleban-Byk reservoir use as a special commodity fish farm. Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University, 3(2). doi: 10.7905/bbmstu.v0i2(8).623
Kotovska, G. O., Khrystenko, D. S., & Novitskiy, R. O. (2015). The impact of high commercial fishery load on biological indices of the roach (*Rutilus rutilus*). Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology, 23(2), 129–133. doi: 10.15421/011519
Kruzhilina, S. V., & Kotovska, G. O. (2013). Forage base and potential bioproductive possibilities of the Dnieper river reservoirs. Visnyk of Zaporizhzhya National University. Biological Sciences, 3, 22–31 (in Ukrainian).
Nissensohn, M., Sánchez-Villegas, A., Ortega, R., Aranceta-Bartrina, J., Gil, Á., González-Gross, M., Varela-Moreiras, G. & Serra-Majem, L. (2016). Beverage consumption habits and association with total water and energy intakes in the spanish population: Findings of the ANIBES study. Nutrients, 8(4), 232. doi: 10.3390/nu8040232
Novitskiy, R. A., Kochet, V. N., Khristov, O. O., & Kuzora, V. Y. (2015). Current characteristics of ichthyofauna of the channel “Dnieper-Donbas”. The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series “Biology”, 25, 191–195 (in Ukrainian).
Oksijuk, O. P., Olejnik, G. N., & Shevcova, L. V. (1990). Hydrobiology of channels of the Ukrainian SSR. Naukova dumka, Kyiv (in Russian).
Ren, D., Li, Z., Gao, Y., & Feng, Q. (2010). Effects of functional groups and soluble matrices in fish otolith on calcium carbonate mineralization. Biomedical Materials, 5(5), 055009. doi: 10.1088/1748-6041/5/5/055009
Romanenko, V. D. (2006). Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevyykh vod [Methodology of the development of surface waters]. Lohos, Kyiv (in Ukrainian).
Romanenko, V. D., Zhukynskyi, V. M., Oksiiuk, O. P., & Yatsyk, A. V. (1998). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnyy katehoriiami [Methodology of environmental assessment of the surface waters above the upper categories]. Lohos, Kyiv (in Ukrainian).
Rudenko, L. H., Razov, V. P., Zhukynskyi, V. M., Oksiiuk, O. P., & Hryb, Y. V. (1998). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnyy katehoriiami [Method for mapping the ecologic camp to the surface waters of Ukraine for the sake of justice]. Symvol, Kyiv (in Ukrainian).
Sukhareno, O. V., Nedzvetsky, V. S., & Novitskiy, R. A. (2011). New molecular biomarkers of the state of aquatic organisms under the conditions of anthropogenic contamination. Fisheries Science of Ukraine, 6, 49–54 (in Russian).
Sun, C., Li, C., Liu, J., Shi, X., Zhao, S., Wu, Y., & Tian, W. (2018). First-Principles study on the migration of heavy metal ions in ice-water medium from Ulansuhai lake. Water, 10(9), 1149. doi: 10.3390/w10091149
Vannucci, L., Fossi, C., Quattrini, S., Guasti, L., Pampaloni, B., Gronchi, G., Romagnoli, C., Cianferotti, L., Marcucci, G., & Brandi, M. L. (2018). Calcium Intake in Bone Health: A Focus on Calcium-Rich Mineral Waters. Nutrients, 10(12), 1930. doi: 10.3390/nu10121930