

МОНІТОРИНГ БІОТИ ТА ДОННИХ ВІДКЛАДІВ ВОД БАСЕЙНУ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДІНЕЦЬ

Рацлав В.В.

Слов'янський державний педагогічний університет
вул. Генерала Батюка, 19, 84100, м. Слов'янськ, Донецька область
vvratslav@gmail.com

Здійснено дослідження аналізу хімічного стану та моніторинг біоти і донних відкладів у водах басейну річки Сіверського Дінця шляхом визначення пріоритетних речовин Водної рамкової директиви (ПР ВРД). Проведені дослідження зумовлені необхідністю наукового пошуку напрямів та механізмів удосконалення водокористування в межах окремо взятого регіону, з метою покращення та вдосконалення механізмів моніторингу довкілля, для ефективного використання водних джерел та захисту їх від надмірного антропогенного навантаження. Екологічний стан водних ресурсів Донбасу не є добрим, оскільки попередні дослідження показали, що майже чотири роки води Сіверського Дінця не очищувались повністю, прозорість води не була більше 0,5 м, а це залежить насамперед від здатності їх до самоочищення. Попередня моніторингова оцінка стану поверхневих і підземних вод р. Сіверського Дінця виявила незадовільний стан водних об'єктів. Тому було проведено дослідження з моніторингу екологічних стандартів якості біоти та донних відкладів за рядом різних пріоритетних забруднювачів і речовин з різними фізико-хімічними властивостями, відповідно до Директиви про стандарти якості довкілля (ДСЯД 2013/39/ЄС) і спільної стратегії впровадження водної рамкової Директиви (2000/60/ЄС) (Керівництво № 32 щодо моніторингу біот (впровадження екологічного стандарту якості біоти (EQSBIOTA)) [5; 9]. Отримані результати виявили перевищення EQS ВРД для низки пріоритетних речовин ВРД, а також граничних значень екотоксичності для інших виникаючих забруднювачів (наприклад, пестицидів, пластифікаторів, фармацевтичних препаратів, ПХБ, промислових забруднювачів). Відповідно до Директиви 2013/39/ЄС у біоті було знайдено високу концентрацію хімічної речовини бензойна кислота, продукт розпаду пестицидів карбофуран та пластифікатор диетилфталат. Донні відклади індикативно також не відповідають умовам доброго хімічного стану, найвища концентрація спостерігалася для аденіну. Рішення поставлених задач дослідження можливо приведе до поліпшення екологічної ситуації в басейні річки Сіверський Дінець та сприятиме прийняттю екологічно зважених оперативних і стратегічних рішень, які призведуть до поліпшення екологічної ситуації в країні. *Ключові слова:* Пріоритетні речовини Водної рамкової директиви (ПР ВРД), Директива про стандарти якості довкілля (ДСЯД 2013/39/ЄС), інтегроване управління, моніторинг біоти, моніторинг донних відкладів, поверхневий стан, антропогенне навантаження, водоресурсний потенціал України, геоінформаційні системи.

Monitoring of biota and lower separations in the waters of the Siverskyi Donets river basin. Ratslav V.

The study of chemical status analysis and monitoring of biota and sediments in the waters of the Siverskyi Donets River basin has been carried out by determining the priority substances of the Water Framework Directive (WFD Directive). Conducted research on the need to scientifically search for directions and mechanisms for improving water use within a particular region, with the aim of improving and improving the mechanisms of environmental monitoring, for efficient use of water sources, and to protect them from excessive anthropogenic load. The ecological status of the Donbas water resources is not good, so previous studies showed that for almost four years the water of the Siverskyi Donets was not completely purified, the transparency of water was not more than 0.5 m, and first of all, it depends on their ability to self-purify). A preliminary monitoring assessment of the surface and groundwater of the Siverskyi Donets River revealed an unsatisfactory state of the water bodies. Therefore, studies were conducted to monitor the environmental quality standards of biota and sediment for a number of different pollutants and substances with different physicochemical properties, in accordance with the Environmental Quality Standards Directive (NPT 2013/39 / EC) and the Joint Strategy for the implementation of the Water Framework Directive 2000/60 / EC) (Guideline No. 32 on biotite monitoring (implementation of the environmental standard for biota quality (EQSBIOTA)). The results obtained revealed an excess of EQS of WFD for a number of priority WFD substances, as well as limit values of ecotoxicity for other emerging pollutants (eg pesticides, plasticizers, pharmaceuticals, PCBs, industrial pollutants). According to Directive 2013/39 / EC, a high concentration of the chemical substance benzoic acid, the breakdown product of pesticides carbofuran and a plasticizer diethyl phthalate were found in the biota. The bottom sediments also do not indicate good chemical status, the highest concentration was observed for adenine. Addressing the research objectives may lead to an improvement of the environmental situation in the Siverskyi Donets River basin and will contribute to the adoption of environmentally sound operational and strategic decisions that will lead to an improved environmental situation in the country. *Key words:* Priority Substances of the Water Framework Directive (WFD PR), Directive on Environmental Quality Standards (NPT 2013/39 / EC), integrated management, biota monitoring, sediment monitoring, surface condition, anthropogenic load, water resources of Ukraine, geoinformation system.

Постановка проблеми. Басейн річки Сіверський Дінець знаходиться у найбільш індустріалізованому районі країни та є головною і найважливішою водною артерією сходу України. Він забезпечує потреби у воді не тільки населення, але і сільського господарства та промислового комплексу Луганської,

Донецької та Харківської областей [3; 2]. Значна частина річки примикає до лінії зіткнення і зазнає екологічних порушень та катаклізмів від безпосереднього впливу військових дій. Окрім безпосереднього впливу військової техніки, використання боєприпасів, загрозу довкіллу спричиняють аварії та забруд-

нення промислових підприємств регіону. Військовий конфлікт на сході України призвів до цілої низки небезпечних подій та наслідків:

- забруднення довкілля і впливів на ґрунти та ландшафти;
- погіршення стану поверхневих і підземних вод;
- надання шкоди рослинному і тваринному світу [4; 2].

Тому на замовлення Управління ООН із координації гуманітарних питань (УКГП ООН) швейцарські фахівці провели польову оперативну експрес-оцінку безпеки можливих подій і аварій уздовж лінії зіткнення та комплексний аналіз стану діяльності компанії «Води Донбасу» щодо джерел ризику водопостачання регіону [4, с. 23].

Актуальність дослідження. Екологічний стан водних ресурсів насамперед залежить від здатності до самоочищення. Попередня моніторингова оцінка стану поверхневих і підземних вод р. Сіверського Дінця виявила поганий стан водних об'єктів. Майже чотири роки у всі сезони води Дінця мають незадовільну прозорість. Основною метою досліджень був загальний (стандартний) моніторинг навколишнього природного середовища, який дає змогу на основі оцінки й прогнозування стану водних ресурсів розробляти низку управлінських рішень на всіх рівнях, та визначення пріоритетних речовин Водної рамкової директиви (ПР ВРД) для оцінки хімічного стану якості поверхневих і підземних вод, біоти і донних відкладів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питаннями перевірки якості та моніторингу водних ресурсів басейну постійно займається Сіверсько-Донецьке БУВР, перед яким стоять основні завдання:

- управління річковим басейном та експлуатація водогосподарського-меліоративного комплексу в Донецькій області;

- соціально-економічний розвиток річкового басейну;

- охорона й екологічне оздоровлення річкового басейну та механізми їх фінансування;

- упровадження інтегрованого плану в управлінні водними ресурсами регіону.

Проблеми ефективного державного управління водними ресурсами, природокористуванням та охороною природного середовища досліджувались у наукових працях Б. Барановського В. Голяна, Б. Данилишина, І. Драгана, Т. Клауссена, Т. Іванової, В. Сташука, М. Хвесика, А. Яцика, О. Яроцької та інших. Більшість із цих праць присвячено питанням оцінки екологічного стану водних ресурсів за допомогою гідробіологічних методів дослідження.

Новизна. Виконана екологічна оцінка стану річки Сіверський Дінець, відповідно до водного законодавства за методикою проведення хімічного аналізу біоти та донних відкладів з урахуванням екологічних наслідків конфлікту на сході України.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Визначення екологічного стану басейну річки та оцінки якості водних об'єктів і біоти мають вагомое значення для наукових досліджень і практичних потреб. Рішення задач дослідження можливо приведе до поліпшення екологічної ситуації в басейні річки Сіверський Дінець та сприятиме прийняттю екологічно зважених оперативних і стратегічних рішень, які призведуть до поліпшення екологічної ситуації в країні.

Виклад основного матеріалу. Моніторинг біоти проводився на ділянках відбору проб, де здійснювався цільовий скринінг поверхневих вод басейну Дінця (див. табл. 1) шляхом визначення відповідних граничних значень, встановлених відповідно до Директиви 2013/39/ЄС і спільної стратегії впро-



Рис. 1

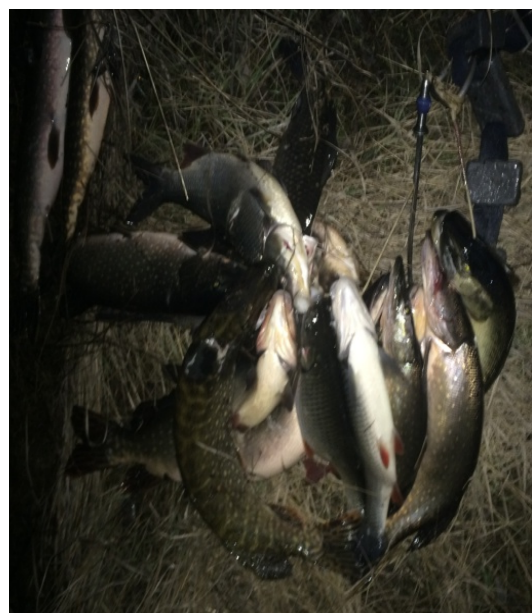


Рис. 2

Таблиця 1

Ділянки відбору проб поверхневих вод

Ділянки для аналізу стану підземних вод :	Дата відбору проби	Координати ШІР, ДОВГ	Місто
1-р. Сів. Дінець, 944 км, с. Огурцово, кордон з Російською Федерацією	26.09.2018	50.297632,36.859019	Огурцово
2-р.Уди, 3 км, гирло, с. Есхар	26.09.2018	49.788775,36.437593	Есхар
3-р.Оскіл, 9 км, с. Червоний Оскіл	26.09.2018	49.170724,37.437593	Оскіл
4-р.Сів. Дінець, 522 км, Райгородська гребля	24.09.2018	48.914543,37.752196	Райгородок
5-р. Казений Торець, 1 км, гирло, с. Райгородок	25.09.2018	48.899642,37.745823	Райгородок
6-р. Кривий Торець, гирло Карлівська гребля (притока р. Казенний Торець)	24.09.2018	48.602686,37.561002	Дружківка
7-р. Бахмутка	25.09.2018	48.924505,38.042517	Дронівка
8-р. Сів. Дінець, 428 км, вниз від Лисичанська	25.09.2018	48.916650,38.453686	Лисичанськ

Таблиця 2

Методи, використані для вибраних ПР ВРД

№	Цільові аналіти	Використані методи та прилади
1	ГХЦГ-альфа	QuEhCERS/USE/LVI-GC-MS (SIM), акредитовано відповідно до EN ISO/IES 17025:2005
2	ГХЦГ-бета	
3	ГХЦГ-гамма	
4	ГХЦГ-дельта	
5	Загальний ДДТ (ізомери пп ДДТ, ДДД, ДДЕ)	
6	Пара-пара-ДДТ	
7	Алдрин	
8	Диелдрин	
9	Ендрин	
10	Ізодрин	
11	Дикофол	
12	Гексабромциклододекан	
13	Гептахлор та гептахлорепоксид	
14	Квіноксифен	
15	Діоксини	HRGC-HRMS
16	Діурон	HRGC-HRMS
17	ПФОС	LC-HRMS/TripieQ
18	Антрацен	SBSE/LVI-GC-MS (SIM), акредитовано відповідно до EN ISO/EC 17025:2005
19	Бензо(а)флуорантен	
20	Бензо(б)флуорантен	
21	Бензо(к)флуорантен	
22	Бензо(г, h, i)перилен	
23	Флуорантен	
24	Індено(1,2,3-сd)пирен	
25	ДЕГФ	
26	Пентахлорбензол	QuEChERS/SBSE/USE/LVI-GC-MS (SIM), акредитовано відповідно до EN ISO/IES 17025:2005
27	Гексахлорбензол	
28	ТБТ	QuEhCERS/SBUSE/LVI-GC-MS (SIM), акредитовано відповідно до EN ISO/IES 17025:2005
29	Гексахлорбутадиєн	Headspace-GC-MS (SIM) акредитовано відповідно до EN ISO/IEC 17025:2005
30	Свинець	ICP-MS акредитовано відповідно до EN ISO/EC 17025:2005
31	Кадмій	
32	Нікель	
33	Ртуть	

вадження водної рамкової Директиви (2000/60/ЄС) Керівництво № 32 щодо моніторингу біот (впровадження екологічного стандарту якості біоти (EQSBIOTA)) [5; 12].

Були проаналізовані шуки в точках відбору проб 4 і 8, окуні у точці відбору 1. (див. рис. 1, 2). Сьогодні в ЄС немає загальної методики щодо того,

яку частину біоти слід використовувати для аналізу металів та цільових органічних сполук. Тому в цьому дослідженні було використано м'язову тканину.

Опис сполук та методів, використаних для визначення ПР ВРД, наведено в таблиці 2.

Гексахлорбутадієн (EQS для біоти, 55 мкг/кг в.м.) було проаналізовано в усіх зразках, але не виявлено.

Дослідження *пестицидів* було проведено згідно з рекомендаціями (2013/39/ЄС), згідно з якими біота є більш відповідною матрицею, ніж вода. Вісімнадцять вибраних пестицидів не виявили значення, які перевищили НМК цього методу. *Промислові забруднювачі*, проаналізовані в м'язових тканинах риби, не виявили наявності цільових промислових забруднювачів, за винятком ДЕГФ. Сполуки ДЕГФ виявлено в усіх пробах, і концентрація коливалася від 34 мкг/кг (ТВП 4, щука) до 175 мкг/кг (ТВП 8, щука).

Згідно з Директивою про стандарти якості довкілля (2013/39/ЄС) значення EQS для біоти: флуорантен – 30 мкг/кг, а бензол(а)пірен – 5 мкг/кг. Проте для оцінки хімічного стану їх моніторинг у рибі не є доцільним, лише молюски або ракоподібні є придатними контрольними матрицями. Найвищу суму концентрацій вибраних ПАВ виявлено у щуці, впійманій у точці відбору проб 8.

Добрі показники в усіх біотах, перевірених на наявність сполук трибутилолова (ТБТ), не виявлені в жодній рибині. ТБТ може застосовуватися як фарби, що запобігають обростанню суден. Незначні концентрації сполук діоксину та діоксиноподібних було виявлено в ТВП 8, і тільки 0,73 нг/кг (EQS 6,5 нг/кг).

Перевірка на наявність бромованих дифенілових ефірів показала (EQS 8,5 нг/кг) перевищення (див. рис. 4). Найбільше накопичення бромованих дифенілових ефірів спостерігалось у шуки, впійманій в ТВП 8, перевищення було майже удвічі. Забруднення ними створює небезпеку для водних організмів і людей.

Перевіряючи наявність металів у біоті (Ni, Cd, Hg, Pb), ми виявили лише ртуть, яка є єдиним металом, що регулюється Директивою 2013/39/ЄС (EQS 20 нг/кг). Огляд наявності металів ПР у зразках біоти наведено на рис. 5. Концентрація Hg не перевищувала EQS у будь-яких з проб. У річках європейських басейнів ртуть зазвичай викликає занепокоєння через перевищення EQS для біоти. Загалом зразки щук показали значно вищу біоаккумуляцію нікеля і свинцю порівняно з окунями.

Три проби біоти було проаналізовано на наявність більше ніж 2 400 цільових речовин методом широкого цільового аналізу з використанням LC-HR-MS. Як контрольні сполуки було обрано групи забруднювачів, які частіше виявляються в екологічних пробах, такі як фармацевтичні препарати, пестициди, засоби особистої гігієни, промислові забруднювачі, антипірени тощо. Найбільша кількість виявлених сполук спостерігалася на ділянці ТВП1. Найвищу виявлену кон-

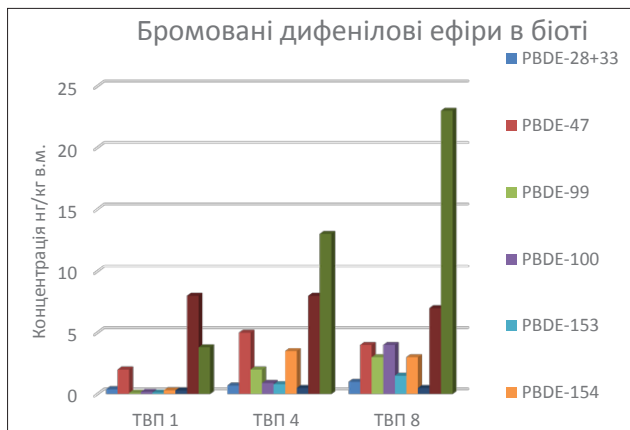


Рис. 3. Концентрація поліциклічних ароматичних вуглеводів

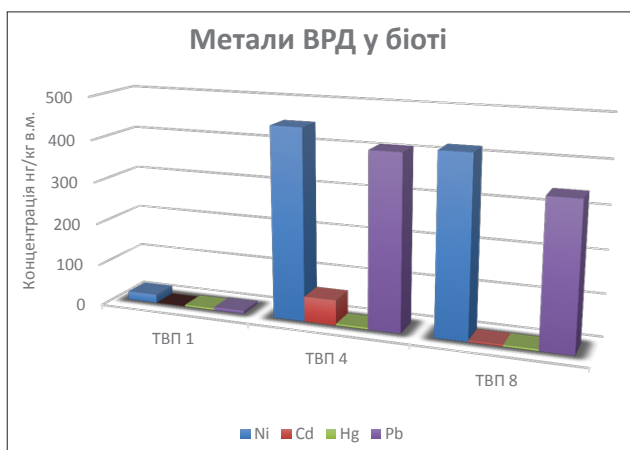


Рис. 4. Найбільше накопичення бромованих дифенілових ефірів

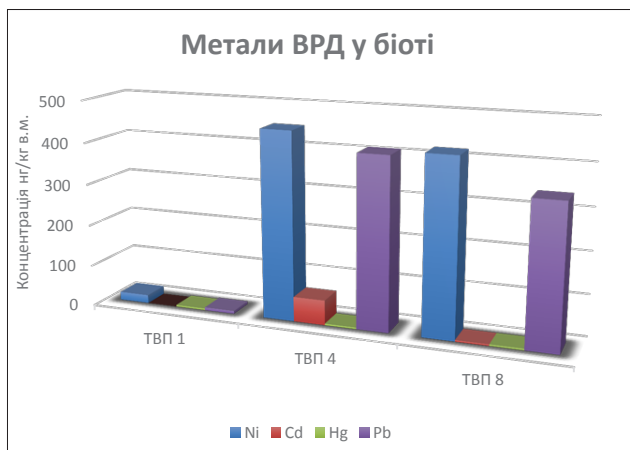


Рис. 5. Огляд наявності металів ПР у зразках біоти

Таблиця 3

Ділянки відбору проб поверхневих вод

Ділянки для аналізу стану підземних вод:	Дата відбору проби	Координати ШІР, ДОВГ	Місто
1-р. Сів. Дінець, 944 км, с. Огурцово, кордон з Російською Федерацією	26.09.2018	50.297632,36.859019	Огурцово
2-р. Уди, 3 км, гирло, с. Есхар	26.09.2018	49.788775,36.437593	Есхар
3-р. Оскіл, 9 км, с.Червоний Оскіл	26.09.2018	49.170724,37.437593	Оскіл
4-р. Сів. Дінець, 522 км, Райгородська гребля	24.09.2018	48.914543,37.752196	Райгородок
5-р. Казений Торець, 1 км, гирло, с. Райгородок	25.09.2018	48.899642,37.745823	Райгородок
6-р. Кривий Торець, гирло Карлівська гребля (притока р. Казенний Торець)	24.09.2018	48.602686,37.561002	Дружківка
7-р. Бахмутка	25.09.2018	48.924505,38.042517	Дронівка
8-р. Сів. Дінець, 428 км, вниз від Лисичанська	25.09.2018	48.916650,38.453686	Лисичанськ

Таблиця 4

Методи, використані для вибраних ПР ВРД

№	Цільові аналіти	Використані методи та прилади
1	Трифлуралін	USE/LVI-GC-MS (SIM), акредитовано відповідно до EN ISO/IES 17025:2005
2	ГХЦГ-альфа	
3	ГХЦГ-бета	
4	ГХЦГ-гамма	
5	ГХЦГ-дельта	
6	Хлорпірифос-етил	
7	пара-пара-ДДТ	
8	Хлорфенвінфос	
9	Загальний ДДТ (ізомери пп ДДТ, ДДД, ДДЕ)	
10	Алдрин	
11	Диелдрин	USE/LVI-GC-MS (SIM), акредитовано відповідно до EN ISO/IES 17025:2005
12	Ендрин	
13	Ізодрин	
14	Ендосульфат (два ізомери)	
15	Дикофол	
16	Гептахлор та гептахлорепоксид	
17	Квіноксифен	
18	Гексабромциклодекан	
19	Хлоралкани, С 10-13	GSE-NCI-MS
20	Антрацен	USE/LVI-GC-MS (SIM), акредитовано відповідно до EN ISO/EC 17025:2005
21	Бензо(а)флуорантен	
22	Бензо(б)флуорантен	
23	Бензо(к)флуорантен	
24	Бензо(г, h, i)перилен	
25	Флуорантен	
26	Індено(1,2,3-сd)пирен	
27	ДЕГФ	
28	Пентахлорбензол	
29	Гексахлорбензол	
30	Нонілфеноли	
31	Октилфеноли	
32	ТБТ	
33	Гексахлорбутадиєн	Headspace-GC-MS (SIM) акредитовано відповідно до EN ISO/IEC 17025:2005

Продовження таблиці 4

34	Pb	ICP-MS акредитовано відповідно до EN ISO/EC 17025:2005
35	Cd	
36	Ni	
37	Hg	
38	Fe	
39	Cu	ICP-MS акредитовано відповідно до EN ISO/EC 17025:2005
40	Zn	
41	Cr	
42	Ni	
43	V	
44	Ba	
45	Mn	

центрацію, більш 50мг/кг, мала промислова хімічна речовина бензойна кислота (128 мкг/кг; ТВП 1) та пластифікатор диетилфталат (58,3 мкг/кг; ТВП 1).

Будь-яка речовина, що виявляється в біоті, має важливе значення, оскільки вказує на те, що речовина є біоаккумулятивною і, можливо, стійкою з огляду на два з трьох критеріїв РВТ (Р – стійкий, В – біоаккумулятивний, Т – токсичний), які використовуються для оцінки речовин REACH.

Останні дослідження виконувалися для визначення забруднювачів у донних відкладах, хоча концентрації відкладів не регулюються ВРД, вони є матрицею, якій надають перевагу під час отримання довгострокового впливу. Під час занурювання в води Сіверського Дінця видно, що майже за чотири роки, коли вода майже не очищувалася, на дні лежить шар мулу до 0,3–0,4 м. Ділянки відбору проб донних відкладів (див. табл. 3).

Екстракти з восьми проб донних відкладів було проаналізовано декількома методами на основі GC-MS, а також відбулась перевірка на наявність металів ICP-MS (див. табл. 4).

Для дослідження обрано групу неполярних пестицидів, з яких тільки два пестициди з двадцяти двох аналізованих. Виявлені ДДТ та ДДЕ, заборонені до використання в Європі з 1972 року. Їх виявлено у пробах ТВП 8 (ДДТ 12,5 мкг/кг та ДДЕ 24,78 мкг/кг) та ділянці ТВП 9 (ДДТ 10,33 мкг/кг та ДДЕ 18,43 мкг/кг).

Всі зразки донних відкладів були забруднені ДЕГФ, концентрації варіювалися від 711 мкг/кг ТВП 2 до 3 228 мкг/кг ТВП 6. Для захисту організмів у специфікації пріоритетних речовин ДЕГФ від 2005 року наведено пропозицію щодо специфічних стандартів якості в донних відкладах 100 мг ДЕГФ /кг. Всі проби продемонстрували концентрацію значно нижче цього специфічного стандарту якості.

Всі 16 ПАВ, обраних для дослідження, були виявлені у кожній пробі. Найвищу суму концентрацій виявлено у донних відкладах ТВП 7 (81,1 мкг/кг).

В усіх пробах донних відкладів, проаналізованих на наявність хлоралканів, наявність ТБТ та гексахлорбутадієну не було виявлено.

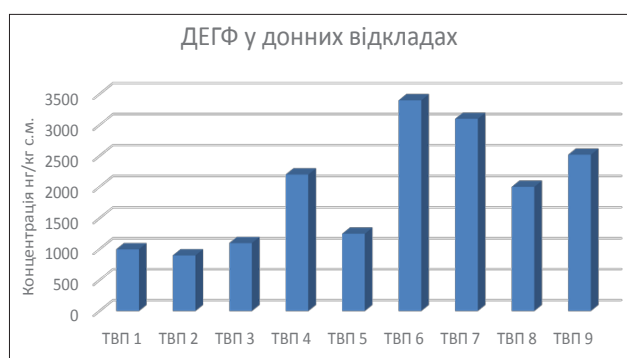


Рис. 6. Концентрація ди/2-етилгексил/фталату у пробах донних відкладів

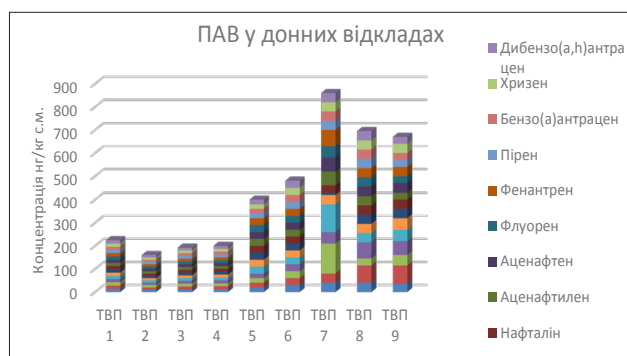


Рис. 7. Концентрація поліциклічних ароматичних вуглеводів

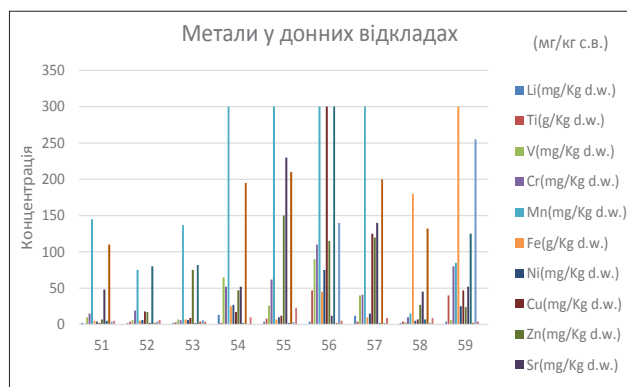


Рис. 8. Концентрація металів у пробах донних відкладів

Огляд наявності металів у пробах наведено на рисунку 8. Всі метали були присутні в донних пробах, за винятком ртуті, яка була нижче за концентрацією ПР ВРД.

Одну пробу було проаналізовано в ТВП 6 методом широкого цільового скринінг-методом на наявність >2400 цільових речовин методом LC-HR-MS. Тільки 8 сполук було виявлено у пробі донних відкладів. Найвища концентрація спостерігалася аденіну (136 мкг/кг), яка є природною і не становить загрозу екосистемі.

Висновки. Отримані результати виявили перевищення EQS ВРД для низки пріоритетних речовин ВРД, а також перевищення граничних значень екологічності для інших виникаючих забруднювачів (наприклад пестицидів, пластифікаторів, фармацевтичних препаратів, ПХБ, промислових забруднювачів) у пробах Сіверського Дінця з екологічно зна-

чущими концентраціями. Перевищення значень EQS ПР ВРД базується лише на одному вимірі, і тому аналіз можна класифікувати як «індикативний». Оскільки індикативна оцінка стану суворо пов'язана з точками відбору проб та ділянками відбору проб, а не з водоймами.

Відповідність Директиві 2013/39/ЄС – у біоті мала найвищу концентрацію (>50 мкг/кг) хімічна речовина бензойна кислота (195 мкг/кг, ТВП 1), продукт розпаду пестицидів карбофуран (128 мкг/кг, ТВП 1) та пластифікатор диетилфталат (58,3 мкг/кг, ТВП 1). Донні відклади індикативно не відповідають умовам доброго хімічного стану, найвища концентрація спостерігалася для аденіну (136 мкг/кг).

З метою поліпшення екологічної ситуації на Донбасі необхідно вжити науково обґрунтовані заходи, які повинні завершуватись їх реалізацією на практиці.

Література

1. Загальнодержавна цільова програма розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року : Закон України від 24.05.2012 р. № 4836-VI: <http://zakon4.rada.gov.ua>.
2. Білоцерківська Н.О., Сидоренко І.В. Якісний аналіз вод басейну р. Сіверський Донець за гідрохімічними показниками. *Водне господарство*. 2018. №5. С. 50.
3. Сіверський Донець: Басейн Здоров'я – людям життя! Київ, ВАІТЕ, 2018. С. 30.
4. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. Київ : ВАІТЕ. 2017. С. 87–88.
5. Водний Кодекс України / ВВР України. 1995. № 213/95.