

АНТРОПОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ТОКСИЧНІСТЬ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ УЗМОР'Я Р. ДУНАЙ

Дятлов С.Є., Кошелев О.В.

Інститут морської біології НАН України
вул. Пушкінська, 37, 65011, м. Одеса
sergey.dyatlov@gmail.com

Наведено результати сучасної екологічної оцінки донних відкладень узмор'я р. Дунай за показником токсичності. Визначено просторовий розподіл важких металів та нафтопродуктів у донних відкладеннях у зоні впливу глибоководного суднового ходу Дунай – Чорне море. *Ключові слова:* узмор'я Дунаю, антропогенне забруднення, біотестування, токсичність.

Антропогенное загрязнение и токсичность донных отложений взморья р. Дунай. Дятлов С.Е., Кошелев А.В. Приведены результаты современной экологической оценки донных отложений взморья р. Дунай по показателям токсичности. Определено пространственное распределение тяжелых металлов и нефтепродуктов в донных отложениях в зоне влияния глубоководного суднового хода Дунай – Черное море. *Ключевые слова:* взморья Дуная, антропогенное загрязнение, биотестирования, токсичность.

Anthropogenic pollution and toxicity of bottom sediments of a beach of the Danube River. Dyatlov S., Koshelev A. Results of a modern ecological assessment of ground deposits in a beach of the Danube River on indicators of toxicity. Definitely spatial distribution of heavy metals and oil products are given in ground deposits in a zone of influence of the deep-water ship motion Danube – the Black Sea. *Keywords:* the Danube shores, anthropogenic pollution, bioassay, toxicity.

Дунайське узмор'я – один з найбрудніших районів акваторії Чорного моря. Із стоком Дунаю надходить приноситься близько 83 млн т суспензії, збагаченої шкідливими інгредієнтами. У зоні геохімічного бар'єру осідають важкі метали, мікроелементи та інші поллютанти, які визначають деградацію екосистем [10].

Визначення екологічного стану морських акваторій не може бути достовірним без оцінки ступеня забруднення донних відкладень. Офіційних документів, що регламентують забрудненість морських донних відкладень в Україні, наразі не затверджено, тоді як донні відкла-

дення є своєрідним депо для накопичення низки токсичних елементів та їх сполук як природного, так і антропогенного походження. Встановлення градації токсичності можливе лише за методами біотестування [12].

Донні відкладення традиційно використовуються як індикатори інтенсивності та масштабів техногенного забруднення водних екосистем [9]. Вони є найбільш забрудненим компонентом водних екосистем, адже акумулюють усі види забруднюючих речовин, що надходять з річним стоком, атмосферними опадами та з техногенними продуктами господарчої діяльності людини і є

постійним джерелом вторинного забруднення [6].

Як тест-організми в різних екотоксикологічних дослідженнях ракоподібні вибирають частіше через їх широке поширення, великого значення в харчових ланцюгах та високу чутливість до забруднення і гіпоксії [3; 13-14]. Амфіподи адекватно відображають стан седиментів і останніми роками успішно застосовуються при оцінці їх токсичності як в естуарних, так і в прісних екосистемах [13-14]. Для токсикометричних досліджень якості донних відкладень встановлено міжнародний стандарт [14] по визначенню токсичності з використанням *Hyalella azteca* Saussure, 1858 (Amphipoda: Hyalellidae).

Постійно виконується моніторинг Суднового ходу Дунай – Чорне моря Інститутом морської біології НАН України з 2004 р. Результати попередніх еколого-токсикологічних досліджень авандельти Дунаю опубліковані раніше [4-5]. Якість води української ділянки р. Дунай встановлено за показниками вмісту специфічних токсичних речовин залежно від гідрологічного режиму [7].

Мета досліджень – проаналізувати сучасний стан антропогенного забруднення донних відкладень узмор'я р. Дунай у зоні впливу глибоководного суднового ходу Дунай – Чорне море за показниками вмісту важких металів та нафтопродуктів та визначити їх токсикологічний статус.

Методика досліджень. Проби донних відкладень відбирали за допомогою дновичерпувачів Петерсона з площею захвату 0,025 м. Відбір верхнього шару донних відкладень товщиною шару 0-5 см проводили з центральної частини їх колонки, яка не контактувала зі стінками трубки.

Підготовка проб і вимірювання вмісту металів проводили за ГОСТом 30823-2002, кількісне вимірювання вмісту металів у зразках – на атомно-емісійному спектрофотометрі ЕМАС – 200 CCD, ртуті – з використанням аналізатора ртуті «Юлія-2М».

Гостра токсична дія визначена з використанням *H. azteca* [13-14]. Під час дослідів фіксували смертність в експериментальних пробах та контролі. Для приготування водних екстрактів донних відкладень і контролю використовували відфільтровану морську воду солоністю 12 ‰, слід зазначити, адже така солоність цілком відповідає межах солоностної толерантності обраного тест-об'єкта.

Умови проведення аналізу: температура $20 \pm 2^\circ\text{C}$, фотоперіод 16 год. – день, 8 год. – ніч. Під час дослідів тест-об'єкти не годувалися. Дослідження проб води та контролю виконано в 30 мл посудинах за щільності посадки 1 організму на 5 мл. Через 24 і 48 год. у кожному варіанті підраховували кількість ракоподібних, що вижили. Критерієм гострої токсичності проб була загибель більш, ніж 50 % особин протягом 48 год. Водні екстракти донних відкладень готували згідно з методикою [3; 11].

Проби донних відкладень відбирали за схемою станції (рис. 1).

Результати дослідження. Керівним міжнародно-правовим документом з охорони поверхневих, транзитних, прибережних та підземних вод є прийнята Європейським Парламентом та Радою Європи 23 жовтня 2000 р. Водна рамкова директива ЄС (ВРД) [1], яка є обов'язковою до виконання в країнах ЄС та бажаною для використання в країнах-сусідах. Вимоги директиви поширюються і

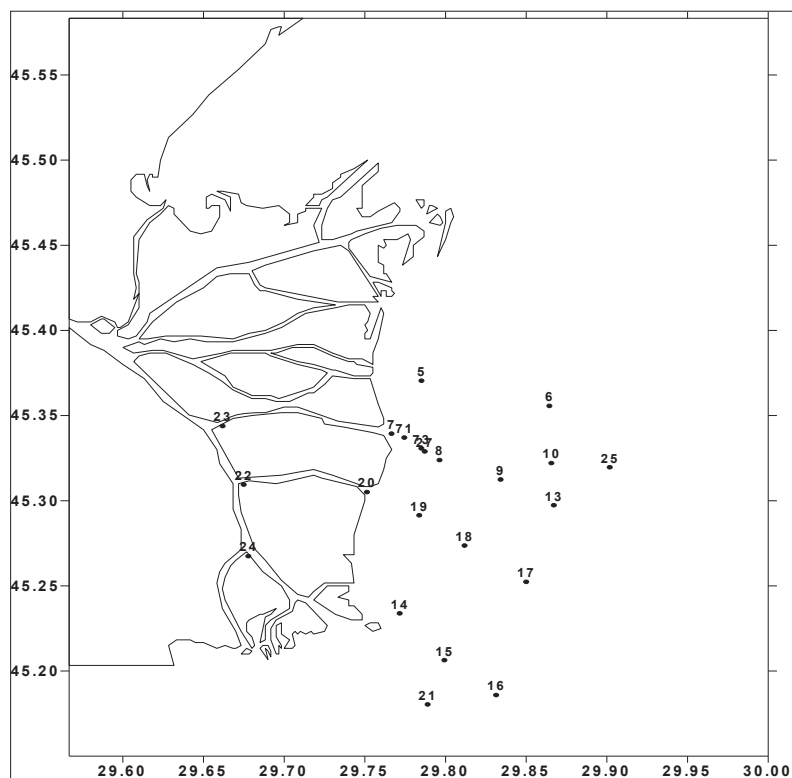


Рис. 1. Схема станції відбору проб

на Україну через наявність спільних з ЄС транскордонних річкових басейнів (р. Дунай, р. Тиса), що вимагає виконання зобов'язань ратифікованих Україною у відповідних конвенціях. Водна рамкова директива ЄС передбачає покращення екологічного стану водних об'єктів української частини дельти Дунаю, включаючи перехідні води дунайського узмор'я до стану другого «доброго» класу до кінця 2015 р. Вимоги ВРД узагальнюють одержанні біотестові результати за уніфікованою п'ятибальною шкалою, яка характеризує екологічний стан водних об'єктів, що вже використовується для екологічної оцінки дельти Дунаю [2].

Результати біотестування відповідно до національного проекту [1; 8] з використанням *H. azteca* дали змогу охарактеризувати пункти відбору проб донних відкладень за класом токсичності та класом екологічного стану (табл. 1).

Результати біотестування наведено як середні значення та стандартні похибки смертності у досліді порівняно з контролем, де тест-об'єкти експонувались у контрольній воді.

Біотестовий аналіз проб показав, що в ході зйомки 2014 р. на жодній станції не спостерігали 50-ти відсоткового перевищення смертності тест-об'єктів, що свідчить про відсут-

Таблиця 1

Показники смертності *H. azteca* при біотестуванні водних екстрактів донних відкладень та відповідні класи токсичності й екологічного стану

№ станції	Смертність тест-об'єктів, % (M±m)	Клас токсичності	Клас екологічного стану за Водною рамковою директивою ЄС
2	0,0±0,0	Не токсично	Відмінно
4	12,8±0,8	Слабо токсично	Добре
7	8,0±0,3	Не токсично	Відмінно
7-1	0,0±0,0	Не токсично	Відмінно
7-2	0,0±0,0	Не токсично	Відмінно
7-3	0,0±0,0	Не токсично	Відмінно
7-4	12,8±0,8	Слабо токсично	Добре
8	21,1±0,4	Помірно токсично	Задовільно
10	0,0±0,0	Не токсично	Відмінно
10-2	0,0±0,0	Не токсично	Відмінно
10-4	8,0±0,2	Не токсично	Відмінно
14	27,2±0,9	Помірно токсично	Задовільно
15	28,3±0,4	Помірно токсично	Задовільно
17	20,0±0,3	Слабо токсично	Добре

ність гострої летальної токсичності проб донних відкладень.

За результатами зйомки, проведеної у 2014 р., донні відкладення авандельти Дунаю за показником «токсичність» віднесені до трьох категорій екологічного стану за Водною рамковою директивою ЄС: відмінний, добрий та задовільний. До останнього віднесені станції № 4, 8, 14 та 15. Донні відкладення зі станцій № 7, 7-1, 7-3, 10, 10-2, 10,4 характеризуються як такі, що мають відмінний екологічний стан, решту станцій віднесено до другого, «доброго» класу якості.

З усіх проаналізованих проб донних відкладень максимальну токсичність зареєстровано в пробах зі станцій № 8, 14, 15, де смертність тест-об'єктів перевищувала 20 %. Це свідчить про присутність забруднюючих речовин у донних відкладеннях в концентраціях, які мають токсич-

ний вплив для тест-об'єктів, але вони здатні пристосуватися до такого рівня забруднення та нормально розвиватися протягом часу, обмеженого тривалістю експеримента.

Оскільки гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин для донних відкладень відсутні в Україні, то обґрунтовано використання допустимого рівня концентрації (ДК), що розроблений у Нідерландах і діє у країнах-учасниках ЄС [15], та сприятиме інтеграції моніторингових досліджень національного сектору Чорного моря до загальноєвропейського хімічного моніторингу морських екосистем.

У табл. 2 наведено результати аналітичного виміру пріоритетних забруднюючих речовин (важких металів та нафтопродуктів) у донних відкладеннях авандельти Дунаю.

Вміст нафтопродуктів (НП) у донних відкладеннях коливався від

Таблиця 2

**Вміст важких металів (мкг·г⁻¹ с.р.) та нафтопродуктів (мг·г⁻¹ с.р.)
у донних відкладеннях узмор'я р. Дунай у 2014 році.**

Номери станції	Cd	Pb	As	Cu	Hg	Co	Ni	Cr	Zn	Fe	НП
4	0,01	0,91	5,49	1,36	1,32	1,21	5,93	2,29	6,56	776,70	0,01
7	0,15	1,11	11,60	16,16	1,88	9,91	52,66	17,08	113,99	2266,10	0,70
7-1	0,02	1,02	3,76	2,54	1,07	1,75	14,74	6,46	24,41	970,50	0,12
7-3	0,05	1,54	5,72	6,67	0,45	2,11	18,30	5,91	35,10	1652,60	0,15
7-4	0,07	1,30	5,38	6,67	1,32	4,07	20,15	5,49	33,03	1726,00	0,11
8	0,02	1,38	3,89	3,22	8,85	1,58	14,00	4,39	25,40	1255,40	0,53
10	0,02	2,45	5,03	5,64	1,02	2,54	23,60	6,71	33,00	2654,50	0,06
10-2	0,11	1,73	0,00	4,88	1,51	1,38	10,44	3,53	12,07	1441,70	0,08
10-4	0,01	0,69	3,47	2,66	0,59	1,68	12,08	3,46	19,46	1388,80	0,03
14	0,09	2,77	5,95	9,37	4,82	2,34	20,01	6,43	39,54	2422,40	0,10
15	0,36	3,21	24,98	26,05	9,92	9,93	51,57	30,45	176,19	3215,90	1,35
17	0,04	0,87	4,99	1,44	2,72	0,50	6,90	3,91	9,70	1207,80	0,27
середнє значення	0,08	1,58	6,69	7,22	2,96	3,25	20,86	8,01	44,04	1748,20	0,29
ДК	0,80	85,0	29,0	35,00	0,30	20,00	35,00	100,00	140,00	—	50,00

0,01 до 1,35 за середнього значення цього показника 0,29 мг·г⁻¹ с.р.

Звертає увагу порівняно високий вміст у донних відкладеннях небезпечного поллютанта ртуть, кількісний вміст якої набував значення 8,85 та 9,92 мкг·г⁻¹ с.р. на станціях 8 та 15. Крім того на станції № 15 зафіксовано й найбільший вміст кадмію. За результатами біотестування ці станції віднесені до категорії помірно токсичних, що свідчить про прояв токсичної дії забруднюючих речовин. Загалом, збіг результатів біотестування та аналітичного вимірювання компонентного складу донних відкладень за вмістом важких металів та нафтопродуктів свідчить про адекватне визначення нормованого показника «токсичність» з використанням як тест-об'єкта *H. azteca*.

Результати досліджень вкотре підтверджують доцільність проведення інтегральної токсикологічної оцінки якості води та донних відкладень, що враховує сумісну дію усіх хімічних

сполук токсичної дії на біоту гідро-екосистем та дає можливість характеризувати їх екологічний стан відповідно до міжнародних вимог, що особливо актуально для трансграничних водних об'єктів.

Висновки

Проведена оцінка сучасного стану антропогенного забруднення та токсикологічного статусу донних відкладень авандельти Дунаю дала можливість узагальнити таке:

– помірна токсичність донних відкладень узмор'я р. Дунай виявлена на 3 станціях, що становило 21,4 % загальної кількості станцій. Проби донних відкладень зі станцій № 8, 14, 15 показали помірно токсичну дію для тест-об'єктів та за результатами токсикологічного аналізу вони віднесені до «задовільного» класу екологічної якості водного середовища, тоді як решта станцій віднесені до класу якості «відмінно» та «добре»;

– помірне антропогенне забруднення та помірна токсичність донних відкладань авандельти Дунаю вочевидь пов'язані з річковим стоком безпосередньо р. Дунай та будівництвом і експлуатацією глибоководного суднового ходу Дунай-Чорне море.

Література

1. Турега О.Н. Экологическая обстановка района Дунайского взморья // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского Серия: География. – Т. 22 (61), № 2. – 2009. – С. 154–159.
2. Юровский Ю.Г., Юровская Т.Н., Прусов А.В. Проблемы оценки экологического состояния донных отложений и субмаринная разгрузка подземных вод // Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу: Зб. наук. пр. – Севастополь, 2012. – № 26. – С. 48–57.
3. Томилина И.И., Комов В.Т. Донные отложения как объект токсикологических исследований (обзор) // Биология внутренних вод. – 2002. – № 2. – С. 20–26.
4. Кондратьева Л.М. Вторичное загрязнение водных экосистем // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27, № 2. – С. 221–231.
5. ДСТУ 4168-2003. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на морських ракоподібних (Crustacea) (ISO 14669:1999, MOD). – Київ: Держстандарт України, 2004. – 20 с.
6. ASTM E1706-05. Standard test method for measuring the toxicity of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2005. – 118 p.
7. ISO 16303:2013. Water quality – Determination of toxicity of fresh water sediments using *Hyalella azteca*, 2013. – 27 p.
8. Дятлов С.Є., Секундяк Л.Ю., Маковецкая И.М., Никулин В.В. Мониторинг содержания тяжелых металлов в воде и донных осадках Кикийской дельты и взморья р. Дунай // Причерноморский экологический бюллетень. – 2007. – Вип. 4 (26). – Одеса: «ІНВАЦ». – С. 156–166.
9. Дятлов С.Є., Нікулін В.В., Петросян А.Г., Кошелев О.В., Богатова Ю.І., Руснак О.М., Урдя В.Д., Подплетная Н.Ф., Секундяк Л.Ю. Результаты эколого-токсикологического мониторингу судового ходу Дунай-Чорне море у 2008р. // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2010. – № 3 (44). – С. 82–85.
10. Лозовіцький П.С. Специфічні речовини токсичної дії у воді річки Дунай // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – 2014. – № 4. – С. 21–35.
11. Щербань Э.П., Арсан О.М., Шаповал Т.Н. и др. Методика получения водных вытяжек из донных отложений для их биотестирования // Гидробиол. журн. – 1994. – Т. 30, № 4. – С. 100–111.
12. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС: основні терміни та їх визначення. – Київ, 2006. – 244 с.
13. Гончарова М.Т., Ляшенко В.А. Оцінка токсичності донних відкладів водних об'єктів Дунайського біосферного заповідника // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2011. – № 2 (47). – С. 90–94.
14. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями (проект). – Харків, 2012.
15. Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95.