УДК 549.12:552 (447)

Кудря С. П., аспірантка
кафедра загальної та морської геології,
Одеський націон. університет ім. І. І. Мечникова,
вул. Дворянська 2, Одеса-82, 65082, Україна

НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ДОННИХ ВІДКЛАДАХ АВАНДЕЛЬТИ ДУНАЮ

Дослідження району авандельти Дунаю в межах прибережної частини північно-західного шельфу Чорного моря проводилося з 1997 по 2000 рік, у літній і зимовий періоди. Донні відклади авандельти Дунаю представлені алевритовими й пелітовими мулами. Встановлена кореляційна залежність накопичення важких металів з глибиною й літологічним складом донних відкладів, що дозволяє говорити про накопичення важких металів у дрібнодисперсній фракції донних відкладів, які залягають в глибоких частинах авандельти. Виявлені основні фактори формування умов накопичення токсичних елементів — важких металів, такі як, геоморфологія району, літологічний склад донних відкладів — визначають нерівномірний їх розподіл як по глибині залягання, так і по площі розподілу.
Ключові слова. Дунай, дельта, узмор'я, відклади, склад, статистична характеристика, важкі метали.

Вступ

Екологічний стан навколишнього середовища (еколого-геологічного) постійно погіршується в результаті підвищення техногенного тиску на дельтове середовище. Підвищенню техногенного впливу сприяє все зростаюча господарська діяльність людини, яка призводить до порушення рівноважного стану геологічного середовища. Значну погрозу біоті й людині несуть важкі метали (ВМ) як високотоксичні елементи: ртуть, свинець, кадмій, цинк, мідь, миш'як, нікель, хром, кобальт, марганець і інші, які широко застосовуються в багатьох промислових виробництвах та побуті. Для морських біоценозів найнебезпечніші ртуть, свинець і кадмій [1]. Незважаючи на очисні заходи, вміст з’єднань важких металів у промислових і побутових відходах й стічних водах дуже великий й постійно зростає.

Актуальність дослідження з накопичення важких металів у досліджуваному регіоні усе більше зростає, оскільки збільшується антропогенне навантаження на територію, що веде до виснаження екосистем, скороченню їх біорозмаїття. Накопичення важких металів у донних відкладах і, як наслідок, накопичення їх у фауні й флорі даного регіону, веде до інтоксикації не тільки геосистеми авандельти Дунаю, але й самої людини в цілому, яка використовує ресурси геосистеми [2, 3]. В цьому полягає *практичне значення* роботи.

Метою роботи є виявлення аномальних концентрацій накопичення токсичних елементів у донних відкладах узмор’я дельти Дунаю, використовуючи результати моніторингу природного середовища, й виявлення факторів, що призводять до накопичення важких металів. *Основним завданням* є встановлення еколого-геологічного та геохімічного значення вмісту важких металів як токсичних елементів у донних відкладах.

Фактичний матеріал та методі досліджень

Моніторинг накопичення важких металів у донних відкладах району узмор’я авандельти Дунаю проводився протягом 1997–2000 років у літній і зимовий періоди. Проби відбиралися на 22 станціях улітку й на 9 станціях узимку (мал. 1).

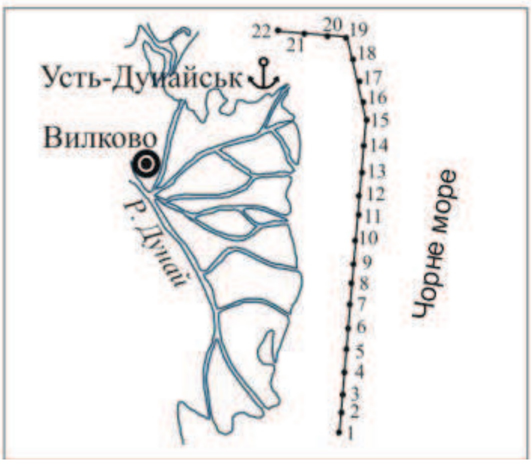

Рис. 1. Карта-схема взірцювання уздовж морської окрайки дельти Дунаю [6]

Взірцювання проводився дночерпателем Петерсена із площею захоплення 0,025 м^2 (Причорномор ДРГП). Аналіз на наявність токсичних важких металів, їх концентрацію й вміст у літологічних різностях, проводився в лабораторії підприємства Причорномор ДРГП. Зміст токсичних металів у донних відкладах визначалося атомно-абсорбційним методом по 10 елементам: *Pb*, *Cd*, *Hg*, *Zn*, *Cu*, *Ni*, *Cr*, *Co*, *Mn*, *As*. Статистична обробка отриманих результатів аналізів проводилася в пакеті програми «Statistica 6.0». У статистичній обробці застосовувався факторний аналіз і кореляційний аналіз методом головних компонентів.

Результати досліджень

Зміст токсичних металів у донних відкладах має великий розкид по загальним статистичним параметрам і по параметрам у літологічних різностях (табл. 1, 2). Інтерпретація результатів статистичної обробки дозволяє встановити аномальні накопичення хрому й марганцю, як у пробах літнього, так і зимового періоду спостережень.

За накопиченням токсичних елементів (важких металів) у літологічних різностях виявлено підвищений вміст більшості цих елементів в мулах, відносно інших літологічних різностів, за винятком цинку, хрому, марганцю. Для останніх визначені підвищений вміст в наступних літологічних різностях: цинк та марганець — у піску, хром — в алевриті (табл. 2)

За результатами кореляційного аналізу між концентрацією токсичних металів у зимовий та в літній періоди (за високими коефіцієнтами значимості $p < 0,05$) установлена кореляційна залежність між концентраціями таких металів, як цинк, мідь, хром, марганець — з одного боку, та літологічною різностю дрібнодисперсної фракції донних відкладів — мулами, з іншого боку (табл. 3).

Факторний аналіз дозволяє визначити основні фактори впливу на процес накопичення важких металів у донних відкладах (за методом головних компонентів) на узмор'ї дельти Дунаю. Під час виконаних досліджень фактичні дані проб донних відкладів були оброблені одним з методів факторного аналізу — методом головних компонентів. Він дозволяє розрахувати факторні навантаження на досліджуваний об'єкт. Як видно з табл. 4 і 5, найбільший вплив на накопичення важких металів у донних відкладах має фактор 1, як у зимових, так і в літніх взірцюваннях з ваговими навантаженнями 34,89768 % і 25,36104 % відповідно.

Таблиця 1

Статистичні характеристики вмісту важких металів як токсичних елементів

Важкі метали		Середній вміст, мг/кг	Стандартне відхилення вмістів елементів	Мінімальний вміст, мг/кг	Максимальний вміст, мг/кг
літо	Pb	13,82	3,31	8,47	22,20
	Cd	7,50	0,02	7,50	7,50
	Hg	0,03	0,01	0,02	0,08
	Zn	30,09	13,52	5,33	57,30
	Cu	22,27	9,73	2,85	38,10
	Cr	125,78	56,39	35,70	275,70
	Ni	32,20	7,72	11,50	42,30
	Co	4,59	1,14	3,00	7,16
	Mn	385,54	160,34	76,90	567,10
	As	4,14	0,83	2,00	5,00
зима	Pb	13,50	2,41	10,50	16,40
	Cd	0,75	0,01	0,75	0,75
	Hg	0,02	0,01	0,01	0,03
	Zn	20,86	8,71	6,02	31,70
	Cu	24,64	8,39	11,30	33,10
	Cr	126,56	45,86	57,50	202,30
	Ni	32,74	7,39	20,80	41,40
	Co	4,55	1,26	3,00	6,55
	Mn	445,67	120,70	239,50	632,00
	As	2,78	0,67	2,00	4,00

Таблиця 2

Вміст токсичних металів у літологічних різностях [6]

Важкі метали	Літологічні різності мкг/кг			
	Черепашник	Пісок	Алеврит	Мул
Свинець	11,26	9,55	11,87	13,95
Ртуть	0,021	0,03	0,027	0,033
Цинк	34,53	42,07	38,53	30,45
Мідь	21,8	20,86	19,61	22,45
Хром	101,83	87,89	122,35	120,89
Нікель	18,9	15,12	14,08	30,083
Кобальт	4,28	4,89	4,27	4,53
Марганець	477,07	434,6	485,3	377,96
Миш’як	2,33	3,81	3,33	4,0
Кадмій	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75

Таблиця 3

Матриця кореляцій між важкими металами в літній та зимовий періоди

Важкі метали, глибина		Глибина	Зимовий період									
			Pb	Cd	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Co	Mn	As
Глибина		1,0000	-0,2217	-0,2636	-0,8370	-0,3318	-0,0619	0,0037	0,2646	0,2374	0,6811	-0,3236
		p= ---	p=0,566	p=0,493	p=0,005	p=0,383	p=0,874	p=0,993	p=0,491	p=0,538	p=0,043	p=0,396
Літній період	Pb	-0,3595	0,5486	-0,1175	0,3314	-0,1532	-0,4603	-0,5096	-0,5923	0,0358	-0,3575	0,0864
		p=0,342	p=0,126	p=0,763	p=0,384	p=0,694	p=0,212	p=0,161	p=0,093	p=0,927	p=0,345	p=0,825
	Cd	-0,2636	0,1247	1,0000	0,1070	0,6387	0,5967	0,0741	0,0682	-0,4641	-0,5789	-0,1250
		p=0,493	p=0,749	p= ---	p=0,784	p=0,064	p=0,090	p=0,850	p=0,862	p=0,208	p=0,102	p=0,749
	Hg	0,0251	0,3600	-0,0226	-0,0706	0,2878	0,3372	0,4180	0,5931	-0,4889	0,2351	-0,2865
		p=0,949	p=0,341	p=0,954	p=0,857	p=0,453	p=0,375	p=0,263	p=0,092	p=0,182	p=0,543	p=0,455
	Zn	-0,3753	-0,1583	0,6865	0,0808	0,6642	0,3775	-0,4837	-0,1222	-0,6681	-0,4282	0,5259
		p=0,320	p=0,684	p=0,041	p=0,836	p=0,051	p=0,317	p=0,187	p=0,754	p=0,049	p=0,250	p=0,146
	Cu	-0,3826	0,2253	0,4088	0,0241	0,8946	0,3813	-0,2696	-0,0344	-0,2450	-0,5121	0,5688
		p=0,310	p=0,560	p=0,275	p=0,951	p=0,001	p=0,311	p=0,483	p=0,930	p=0,525	p=0,159	p=0,110
	Cr	-0,4327	0,3045	0,1669	0,1504	0,5074	0,6377	0,3445	0,6141	-0,6820	-0,3523	-0,1169
		p=0,245	p=0,426	p=0,668	p=0,699	p=0,163	p=0,065	p=0,364	p=0,079	p=0,043	p=0,352	p=0,765
	Ni	-0,2157	0,1905	-0,3346	0,0928	0,3303	-0,0347	-0,1828	0,2030	-0,4548	0,1630	0,3510
		p=0,577	p=0,624	p=0,379	p=0,812	p=0,385	p=0,929	p=0,638	p=0,600	p=0,219	p=0,675	p=0,354
	Co	0,3705	0,0703	-0,2259	-0,6386	-0,3326	0,1254	-0,2951	0,0086	0,0502	-0,0040	-0,0151
		p=0,326	p=0,857	p=0,559	p=0,064	p=0,382	p=0,748	p=0,441	p=0,982	p=0,898	p=0,992	p=0,969
	Mn	0,8595	-0,3959	-0,4133	-0,5913	-0,5435	-0,4831	-0,2872	-0,1668	0,4493	0,7276	-0,0364
		p=0,003	p=0,291	p=0,269	p=0,094	p=0,130	p=0,188	p=0,454	p=0,668	p=0,225	p=0,026	p=0,926
	As	0,5719	-0,5865	-0,0395	-0,6645	-0,3164	0,4206	0,1217	0,4999	-0,1883	0,2997	-0,2174
		p=0,108	p=0,097	p=0,920	p=0,051	p=0,407	p=0,260	p=0,755	p=0,171	p=0,628	p=0,433	p=0,574

Таблиця 4

Значення факторних навантажень (без обертання) токсичних металів у пробах зимового взірцювання

	Фактор 1	**Фактор 2**	**Фактор 3**
Глибина, м	**0,868525**	0,433614	-0,059508
Pb	-0,242040	-0,278287	**-0,766308**
Hg	0,029841	-0,359520	-0,481150
Zn	**-0,835087**	-0,334361	0,050804
Cu	**-0,880369**	0,285861	0,115378
Cr	-0,286143	**0,744226**	-0,464670
Mi	**-0,597990**	**0,759280**	0,136058
Co	**0,730113**	-0,068528	-0,363868
Mn	0,477759	**0,612333**	0,432321
As	0,052441	**-0,692324**	**0,611816**
Власні значення значення	*3,489768*	*2,577572*	*1,766217*
Частка загальної дисперсії	*0,348977*	*0,257757*	*0,176622*
Вага фактору, в %	*34,89768*	*25,77572*	*17,66217*

Примітка: жирним шрифтом відзначені навантаження >0,5

Першим фактором описується річковий стік Дунаю в дельту, який є основним джерелом надходження важких металів. Забруднюючі речовини надходять у результаті скидання промисловими підприємствами промислових відходів та стічних вод, скидання побутових відходів й каналізаційних вод, які містять важкі метали. Міграційний шлях елементів прослідковується з континентальної частини в басейн ріки Дунай [5] .Другим і третім факторами впливу на накопичення ВМ у донних відкладах є стокові та уздовжберегові течії й гідродинамічний розкид осадового матеріалу, відповідно, які впливають на перерозподіл забруднюючих речовин між береговою зоною й дельтою зокрема. Вплив цих факторів призводить до змулювання донних відкладів, переносу й перерозподілу ВМ [7].

Висновки

1. У результаті проведених досліджень донних відкладів у районі узмор'я дельти Дунаю, були визначені вмісти низки важких металів — свинець, кадмій, ртуть, цинк, мідь, нікель, хром, кобальт, марганець, миш'як.

2. Установлено, що основними факторами, що впливають на накопичення токсичних елементів, є скидання промислових і побутових відходів і стоків у басейн ріки Дунай, уздовжберегові течії й гідродинамічне рознесення осадового матеріалу. Скиди річкової води відбувається в басейні Чорного моря, визначаючи осадову диференціацію речовини в зоні впливу дельти Дунаю.

Таблиця 5

Значення факторних навантажень (без обертання) токсичних металів у пробах літнього взірцювання

	Фактор 1	**Фактор 2**	**Фактор 3**
Глибина, м	**-0,736371**	-0,492798	0,177731
Pb	-0,068008	**0,697752**	0,274803
Hg	0,323516	0,193533	**0,595776**
Zn	**0,655553**	0,419085	-0,318794
Cu	0,369662	**-0,635635**	-0,281528
Cr	**0,547488**	-0,342366	**0,546808**
Ni	0,387323	**-0,588229**	**0,535274**
Co	**-0,721067**	0,299987	0,343712
Mg	**-0,553533**	-0,445869	-0,162232
As	0,205126	-0,160972	-0,384043
Власні значення	*2,536104*	*2,124758*	*1,520405*
Частка загальної дисперсії	*0,253610*	*0,212476*	*0,152040*
Вага фактору, в %	*25,36104*	*21,24758*	*15,20405*

Примітка: жирним шрифтом відзначені навантаження >0,5

1. Виявлена кореляційна залежність між накопиченням важких металів та літологічним складом донних відкладів. Найбільша концентрація токсичних елементів спостерігається в дрібнодисперсній фракції відкладів — в мулах.

Список використаної літератури

1. *Дитер Г., Гердт М.* Экология. — Москва: Рыбари, 2003. — 278 с.
2. *Воробьева Л. В., Александров Б. Г., Зайцев Ю. П. и др*. Экосистема взморья украинской дельты Дуная. — Одесса: Астропринт, 1998. — 329 с.
3. *Емельянов В. А*. Основы морской геоэкологии. — Киев: Наукова думка, 2003. — 227с.
4. *Шимкус К. М., Комаров А. В., Евсюков Ю. Д*. Особенности состава и распределения верхнечетвертичных осадков в районе подводного конуса выноса Дуная (Черное море). — Геленджик: Геология морей и океанов. Тезисы докладов 7-й Всесоюзной школы морской геологии, 1986. — С. 12–16.
5. *Горшков А. С., Мейснер Л. Б., Соловьев Б. В., Туголесов Д. А*. Конус выноса Дуная. — Геленджик: Геология морей и океанов. Тезисы докладов YIII Всесоюзной школы морской геологии, 1988. — С. 18–22.
6. *Волков В. А*. Звіт з вивчення впливу виносів р. Дунай на геолого-екологічний стан прибережних районів. — Одеса: Причорноморгеологія, 2001. — 193 с.
7. *Косьян Р. Д., Подымов И. С., Пыхов Н. В*. Динамические процессы береговой зоны моря. — Москва: Научный мир, 2003. — 326 с.

Стаття надійшла до редакції 21.09.2012

С. Ф. Кудря, аспирантка
Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
кафедра общей и морской геологии,
ул. Дворянская 2, Одесса-82, 65082, Украина

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АВАНДЕЛЬТЫ ДУНАЯ

Резюме

Исследование района авандельты Дуная в пределах прибрежной части северо-западного шельфа Черного моря проводилось с 1997 по 2000 год, в летний и зимний периоды. Донные отложения авандельты Дуная представлены алевритовыми и пелитовыми илами. Установленная корреляционная зависимость накопления тяжелых металлов с глубиной и литологическим составом донных отложений позволяет говорить о накоплении тяжелых металлов в мелкодисперсной фракции донных отложений, залегающей в глубоких частях авандельты. Выявленные основные факторы формирования условий накопления токсических элементов — тяжелых металлов, такие как, геоморфология района, литологический состав донных отложений определяют неравномерное их распределение как по глубине залегания, так и по площади распределения.

Ключевые слова. Авандельта Дуная, донные отложения, статистическая характеристика, тяжелые металлы.

S. F. Kudrya, graduate student
Odessa National University of Mechnikov,
Department of General and Marine Geology,
Dvoryanskaya Str., 2 Odessa-82, 65082, Ukraine

AN ACCUMULATION OF TOXIC METALS IS IN THE GROUND DEPOSITS OF THE AVANDELTA OF DANUBE

Abstract

Research of district of avandelta Danube within the limits of off-shore part of north-western shelf of the Black sea was conducted from 1997 to 2000 year, in summer and winter periods. The ground deposits of avandelta Danube

are presented silt and pelitic silts. The set cross-correlation dependence of accumulation of heavy metals with and depth and lithologic composition of the ground deposits allows to talk about the accumulation of heavy metals in smalldispersion faction of the ground deposits of bedding in deep parts of delta. Exposed basic factors of forming of terms of accumulation of toxic elements — heavy metals, such as, geomorphology of district, lithologic composition of the ground deposits determines uneven their distributing both on the depth of bedding and on the area of distributing.

Keywords: The delta of Danube, ground deposits, statistical description, bad metals, lytology composition.