

С.Є.Дятлов*, О.В.Чепіжко**, В.О.Урдя**

*Одеський філіал Інституту біології південних морів НАН України, м.Одеса

** Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, м.Одеса

МІЖРІЧНА МІНЛИВІСТЬ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДІ ТА ДОННИХ ВІДКЛАДАХ ПОЛІГОНУ «ОДЕСЬКИЙ РЕГІОН ПЗЧМ»

Наведена загальна характеристика забруднення важкими металами води та донних відкладів Одеської затоки на полігоні «Одеський регіон ПЗЧМ» за період 1988 – 2010 рр. на основі досліджень, що були виконані Одеським філіалом Інституту біології південних морів НАН України при проведенні комплексного моніторингу Одеської затоки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *важкі метали, донні відклади, самоочищення, Одеська затока.*

Район Одеської затоки представляє собою складний комплекс з рекреаційної та промислової зони, а також є одним з найбільших транспортних вузлів, завдячуючи наявності найбільшого морського порту в Україні. Це, зазвичай, негативно відзначається на загальному стані екосистеми. Розроблені і впроваджені різноманітні методики дослідження еволюції екосистеми та впливу на неї основних процесів забруднення в межах території Одеської затоки, а саме на полігоні «Одеський регіон ПЗЧМ». Основна мета досліджень, що проводяться, – прослідкувати загальні тенденції розвитку екологічного стану середовища для можливого корегування господарчої діяльності та спроби раціонального поєднання різних властивостей регіону.

Питання екологічної рівноваги в системі довкілля та екобезпеки Одеської затоки і прилеглих територій не втрачає своєї актуальності, обумовленої прогресуючим розвитком природних та антропогенних чинників; особливо враховуючи посилення останніх на даний час.

Взагалі, дослідження на даній території були розпочаті у 50-ті рр., а наприкінці 80-х рр. був проведений цілий ряд комплексних наукових експедицій, за участю таких фахівців як, П.М. Куприн та Ф.А. Щербаков [13], Л.В. Іщенко [9] та інші. Підіймаючи питання екології північно-західної частини Чорного моря неможливо не згадати монографію “Северо-западная часть Черного моря: биология и экология” [2].

Еколого-геохімічні та еколого-гідрохімічні дослідження в районі полігону проводились Одеським філіалом Інституту біології південних морів НАН України (ОФ ІБПМ) з 1988 р. і по сьогоднішній день. Метою статті є узагальнення та оцінка інформації багаторічних спостережень на полігоні за мінливістю вмісту важких металів (ВМ), як одного з найтоксичніших факторів впливу на екосистему.

Об’єктом дослідження є процес надходження, розподілу, міграції, важких металів, а також самоочищення морського середовища. Згідно цього, предметом дослідження, є, по-перше, визначення комплексу характеристик морського середовища, а саме – гідрологічні (температура, загальна мінералізація) та фізико-хімічні (концентрація йонів водню (рН), параметри окис-

лювальньо-відновлювальний потенціал (Eh, гН2) та, по-друге, визначення саме рівня забруднення води та донних відкладів важкими металами (Cu, Ni, Cd, Zn,) в розчиненій та зваженій формі.

Матеріал та методика. Усі аналітичні роботи проводились в стаціонарних акредитованих в УкрСЕПРО лабораторіях ОФ ІБПМ. Відбір проб води та донних відкладів проводився згідно стандартних методів [6]. Визначення усіх параметрів, що вивчалися, виконувались за допомогою стандартних методик – рН [10], Eh, гН2 [23], а також визначення вмісту важких металів у відповідності з [17, 18]. Для калібрування приладів та перевірки точності вимірів використовувались відповідні стандартні зразки. Проби води відбиралися пластмасовим батометром Молчанова обсягом 4 л, зразки донних відкладів – дночерпаком Петерсона з площею захоплення 0,025 та 0,1 м².

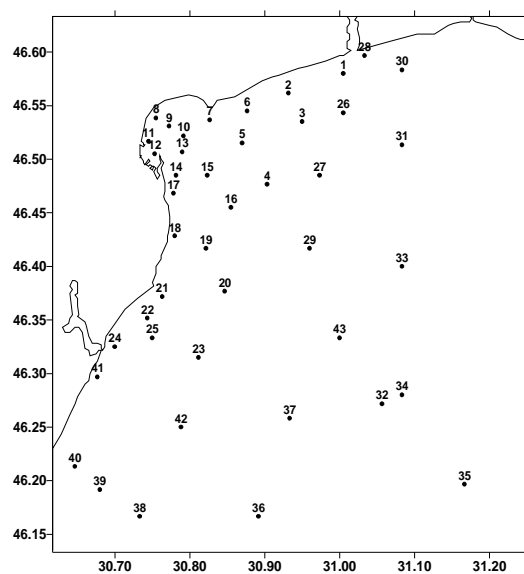


Рис. 1. Розміщення станцій пробовідбору на полігоні “Одеський регіон ПЗЧМ”.

Висловлюємо подяку співробітникам лабораторії Л.Ю. Секундяк, О.А. Павловій.

Район вивчення охоплює прибережну частину Чорного моря от с. Санжейка до Малеого Аджаликського (Григорівського) лиману; карта-схема розміщення станцій зображена на рис.1. Дослідження проводились 1988 по 2012 рр.

Основними джерелами надходження важких металів у ПЗЧМ є стік великих річок Дунай, Дніпро, Дністер і Південний Буг, скид очищених стічних вод зі станцій біологічної очистки, всіх видів зворотних вод (стічні без очистки, дренажні, дощові тощо). При цьому основна маса

привноситься з течією забруднених вод Дніпра і скидами з місцевих джерел.

Результати та обговорення. Перерва у проведенні морських експедицій у 2000 – 2004 рр. розділила спостереження на два етапи: перший 1988 – 1999 рр. та другий, на протязі 2005 – 2010 рр. Результати досліджень за поведінкою важких металів геотехногенної системи Одеської затоки за період (1988 – 2004 рр.) вже були надруковані [2, 11, 19 – 22], тому основна увага приділялася періоду 2005 – 2010 рр., та виявленню провідних тенденцій поведінки важких металів на останній час. Для аналізу стану середовища в межах визначеної для оцінки рівня забруднення даного району використовувались аналітичні данні по визначенню основних токсикантів та рибогосподарчі гранично допустимі концентрації (ГДК) елементів, які також наведені у табл.1.

Судячи з розмаху значень вмісту металів у воді наведених у табл.1, у літній період 2005 – 2010 рр. спостерігається підвищення вмісту важких металів, яке пояснюється надходженням великої кількості забруднюючих елементів внаслідок надмірного випадання атмосферних опадів в 2010 р.

Таблиця 1. Діапазон вмісту важких металів на полігоні “Одеський регіон ПЗЧМ” у 2005 – 2010 рр.

шар води	значення	розчинена форма, мкг·дм ⁻³				зважена форма, мкг·дм ⁻³			
		Cu	Zn	Ni	Cd	Cu	Zn	Ni	Cd
весна									
поверхневий	мін	0,48	0,05	0,4	0,1	0,09	1,22	0,17	0,01
	макс	2,31	15,62	2,03	0,4	0,48	12,88	0,66	0,01
	сер	1,13	6,09	1,14	0,2	0,29	3,35	0,33	0,01
придонний	мін	4,09	0,1	0,99	0,01	0,35	1,39	0,3	0,1
	макс	1,05	31,37	3,66	0,04	1,96	6,76	1,3	0,1
	сер	2,6	13,36	1,99	0,01	0,64	3,37	0,68	0,1
літо									
поверхневий	мін	0,5	0,01	0,15	0,01	0,05	0,27	0,1	0,01
	макс	17,19*	56,9*	3,25	0,6	2,6	64,94	28,81	0,38
	сер	1,69	5,19	0,9	0,11	0,54	13,23	1,97	0,11
придонний	мін	0,02	0,07	0,04	0,01	0,09	1,13	0,17	0,01
	макс	31,66*	144,55*	7,4	0,3	18,1	116,05	29,39	17
	сер	3,22	7,95	1,46	0,1	1,28	14,04	1,91	0,27
осінь									
поверхневий	мін	0,27	0,08	0,11	0,05	0,04	0,64	0,1	0,03
	макс	3,29	49,31	1,23	0,2	0,68	15,56	0,15	0,36
	сер	0,91	4,59	0,63	0,13	0,29	5,06	0,63	0,15
придонний	мін	0,09	0,1	0,06	0,04	0,08	0,91	0,11	0,02
	макс	4,63	29,95	1,98	0,23	6,73	25,59	46	0,46
	сер	1,81	3,97	0,58	0,12	1,03	7	1,79	0,15
	ГДК	5,00	50,00	10,00	5,00	-	-	-	-

*надкритичні значення вмісту металів.

Мідь. Максимальне значення *Cu* в розчиненій формі в поверхневому та придонному шарі води відповідно, за 2005 – 2010 рр. склало 17,19 та 31,66 мкг·дм⁻³, відповідно, а враховуючи данні починаючи з 1988 р. максимальне значення речовини, що було зафіксовано на поверхні води, – 36,37 мкг·дм⁻³ (ст.19) у 1997 р. В придонному шарі води за весь період дослідження максимальна кількість розчиненої міді досягла 31,66 мкг·дм⁻³ у червні 2010 р. (на ст.А-1). Причому, влітку 2010 р. були зафіксовані багаторазові випадки підвищеної концентрації розчиненої міді в придонному шарі морської води, що призвело до, порівняно з попередніми роками, рекордно-високого середньорічного значення 8,64 мкг·дм⁻³ (1,7 ГДК), у порівнянні з попередніми роками.

Максимальна концентрація зваженої форми *Cu* елементу в поверхневому шарі за період 2005 – 2010 рр., 2,6 мкг·дм⁻³, а в придонному шарі – 18,1 мкг·дм⁻³. За весь період вивчення – на поверхні 43,35 мкг·дм⁻³ у серпні 1989 р. (ст.22), та 19,98 мкг·дм⁻³ у листопаді того ж року (ст.25).

За весь період дослідження загальна кількість випадків перевищення ГДК *Cu* в розчиненій формі зафіксована 112 разів.

Цинк. Максимальний вміст розчиненої форми цинку на 2005 – 2010 рр. – $56,9 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ та $144,55 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ у поверхневому шарі (ст.5) та у придонному шарі води (ст.24), відповідно, був відмічений у літній період. За весь період досліджень максимальними значеннями розчиненого *Zn* були $111,16 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ в поверхневому шарі води (ст.10) та $211,6 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ в придонному (ст.7), які були зафіксовані в листопаді 1988 р.

У зваженій формі *Zn* був зафіксований на ст.42 та 20 в серпні 2007 р. у кількості $64,94 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ у поверхневому та $116,05 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ та придонному шарах води відповідно. А враховуючи дані з 1988 р. максимальними були значення, що були зафіксовані навесні ст.31 – $121,38 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ на поверхні водної товщі в 1992 р., та в придонному шарі ст.26 – $131,4 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$, в 1991 р.

Загальна кількість перевищення ГДК розчиненого цинку за весь час досліджень становила 67 разів.

Нікель. За період 2005 – 2010 рр. перевищення ГДК *Ni* в розчиненій формі не спостерігалось, максимальні значення у поверхневому шарі – $3,25$ та $7,95 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ в придонному шарі. За весь період вивчення у поверхневому шарі у квітні 1989 р. високий вміст нікелю становив $11,10 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ (1,1 ГДК) (ст.5); у придонному ж шарі максимальне значення розчиненого *Ni* спостерігалось у квітні 1991 р. і склало $21,42 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ (ст.7).

Максимальні значення зваженої форми *Ni* за період 2005 – 2010 рр. були зафіксовані у поверхневому шарі – $28,81 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ (ст.21) у червні 2010 р. та в придонному шарі – $46 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ (ст.26) у жовтні 2009 р. На даний час, вони є максимальними за весь період досліджень.

Починаючи з 1988 р. зафіксовано лише 8 випадків перевищення ГДК *Ni* в розчиненій формі.

Кадмій. Максимальний вміст розчиненого кадмію не перевищив ГДК в жодному з випадків спостереження на період 2005 – 2010 рр. За весь час досліджень максимальне значення було зафіксоване влітку 1988 р.: $45,9 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ у поверхневому шарі на ст.15, в придонному $17,54 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ на ст.21 того ж року.

В розчиненій формі максимальне значення *Cd* на період 2005 – 2010 рр. було зафіксовано в розмірі $0,38 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ (ст.18), в придонному шарі води $17 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ (ст.42). За весь період максимальний вміст елемента в зваженій формі склав $18,01 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ восени 1997 р. (ст.27) у поверхневому шарі, та $17 \text{ мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$ в 2008 р. Усього зафіксовано 19 випадків перевищення ГДК кадмію.

Як у поверхневому так і в придонному горизонті водної товщі Одеської затоки в межах полігону “Одеський регіон ПЗЧМ” спостерігається велика мінливість гідролого-гідрохімічних процесів. Однак, всі середні значення вмісту важких металів за період 2005 – 2010 рр. на полігоні не перевищували ГДК для морської води за рибогосподарськими критеріями (рис.2), окрім значення для міді в придонному шарі води за 2010 р., яке склало 1,7 ГДК.

Виходячи з діаграми ясно видно тенденцію до поступового зменшення середніх значень вмісту цинку у поверхневому горизонті і різке збільшення вмісту нікелю і міді (майже у два рази) у 2010 р. Середні ж значення вмісту розчиненої форми кадмію, навпаки, як в поверхневих, так і в придонних горизонтах морської води практично не відрізняються.

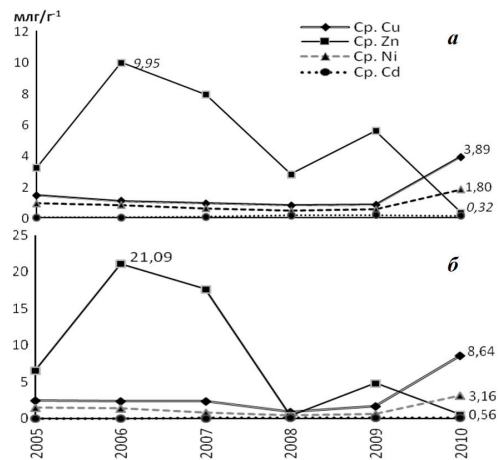


Рис. 2. Характер змін середніх значень вмісту розчиненої форми важких металів у поверхневому (а) та придонному (б) шарах води за 2005 – 2010 рр. на полігоні “Одеський регіон ПЗЧМ”.

У придонному шарі поведінка важких металів мала синхронний характер з такою ж у поверхневому шарі, проте абсолютні значення їх вмісту приблизно у два рази вище.

Характер поведінки значень середнього вмісту зваженої форми важких металів у поверхневому і придонному горизонтах морської води практично співпадав, навіть за розмахом абсолютних значень, що вказує на тісну взаємозалежність системи морська вода – зважена фаза.

Динаміка вмісту важких металів у донних відкладах. При оцінці стану екологічної системи узбережжя ключовим моментом є характеристика донних відкладів. Враховуючи той факт, що донні відклади є кінцевим етапом в міграції забруднюючих елементів та своєрідним колектором, можна впевнено стверджувати про їх роль як індикатора загального екологічного стану.

У відповідності зі схемою районування українського шельфу Чорного моря, Одеська затока відноситься до Західного сектору, в якому переважають глибини до 20 м, солоність поверхневого шару морської води коливається в інтервалі 10 – 15 ‰, при згінних вітрах досягаючи максимальної величини 18 ‰ [7, 8].

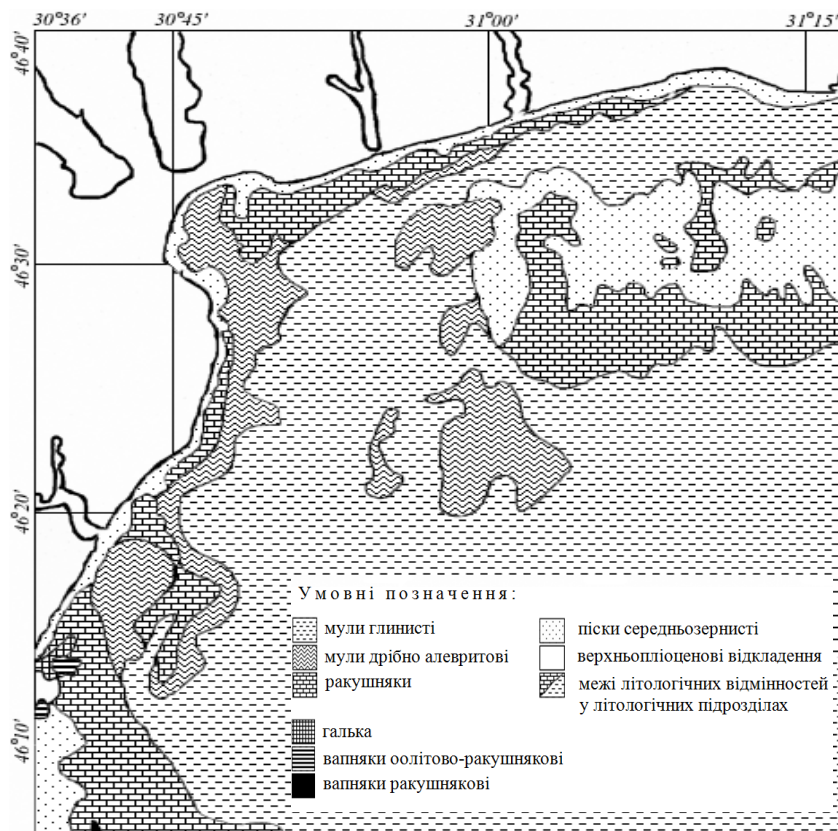
Відносно плоска, слабо хвиляста поверхня дна полігона зберігає під малопотужною товщею донних відкладів основні форми субаерального палеорельєфу. Тут виділяється два головних типа донних ландшафтів [20]:

1. Ландшафти прибережного схилу і вершинних поверхонь підводних височин (прибережний схил, Одеська банка та Дністровська височина);
2. Ландшафти палеодолин та їх схилів (Дніпровський жолоб, північний схил Дністровської височини і Південний схил Одеської улоговини).

Донні відклади, які приурочені переважно до донних ландшафтів першого типу, зазвичай представлені дрібнозернистими пісками з черепашниковим детритом і черепашниками з домішкою пелітового матеріалу та органічної речовини. Менше поширення мають донні відкладення більш дрібних літологічних різновидів – мули дрібноалевритові, які зазвичай розташовані на схилах вище вказаних геоморфологічних структур. Швидкість седиментації мінімальна – 40 мм за 1000 років.

У відкладах іншого типу переважають мули глинисті. Тільки в північній частині Дніпровського жолоба на деяких ділянках дна проявляється більш грубий седиментаційний матеріал з утворенням дрібноалевритових мулів.

Північний схил Дністровської височини складений черепашниками. Це, імовірно, обумовлено порівняно невеликими глибинами (до 20 м) і специфічним гідрологічним режимом у цьому районі. Швидкість седиментації на



Р и с . 3 . Карта донних ландшафтів ПЗЧМ (у межах полігону ОР ПЗЧМ).

площах поширення ландшафтів другого типу вище, ніж на ландшафтах першого типу [9, 13]. Карта донних ландшафтів ПЗЧМ представлена на рис.3.

По нормалі до берегової лінії досліджуваного району послідовно простежується ряд динамічних зон, що розрізняються по інтенсивності абразійного та акумулятивного процесів. Зона прибережної акумуляції і абразії, в загальному випадку, обмежується глибинами менш 10 – 11 м у смузі шириною від 1 до 6 км. На батиметричних відмітках 12 – 17 м формується проміжна зона, у якій знижується сила хвильового впливу, кого вже недостатньо для абразійного процесу, але цілком вистачає для перешкоджання відкладанню алевро-пелітового матеріалу. На глибинах 17 – 18 м починається зона седиментації частинок алевро-пелітової розмірності [2, 15]. Гідродинамічний рознос і механічна диференціація осадового матеріалу в приурізівій зоні розвиваються за участю повздовжберегових течій. Створювані тут потоки наносів пов'язані з динамічними системами різних порядків.

Регіональна динамічна система першого порядку (р.Дністер – Одеська затока) має результируючий напрямок з південного заходу на північний схід і встановлена по розповсюдженню «карпатської гальки» [9]. Потоки наносів другого порядку зберігають такий же напрямок, але відрізняються складом матеріалу, що транспортується [16]. Цьому рівню відповідають ділянки від гирла Дністровського лиману до мису Великий Фонтан і від останнього до

Одеського порту. Менш чітко визначається вплив гідродинамічного фактора на повздовж берегове переміщення наносів між м.Одесою і м.Очаковом, де відсутні постійні потоки наносів. Загальноприйнята гіпотеза існування малопотужного потоку наносів, що спрямований зі сходу на захід від мису Аджияцьк до Одеської затоки, але під впливом дрейфових течій цей генералізований напрямок може короткочасно змінюватися. На ділянці від мису В. Фонтан до Одеського порту, у районі Пересипу і порту Південний природні міграційні процеси переміщення відкладеного матеріалу змінені під техногенним впливом системи гідротехнічних споруд [12].

Характеризуючи загальний тренд розподілу важких металів у донних відкладах в районі досліджень за час з 1988 – 2010 рр. треба відмітити, що середні максимальні значення концентрації елементів-токсикантів в донних відкладах для всього полігону (рис.4, а) були виявлені в: *Zn* у 1991 р., *Ni* – 1990 і 1996 рр., *Cu* – 2007 р., а сукупне мінімальне їх значення було відмічене в 2009 р., можливо викликане кризовим станом економіки та підприємства на той час.

Враховуючи геоморфологічні особливості та характер берегової лінії, а також за характерними особливостями надходження і, відповідно, розсіювання токсичних елементів і сполук, полігон “Одеський регіон ПЗЧМ” був поділений на ряд районів: 1-й район – м.Ланжерон – Дача-Ковалевського; 2-й – Одеська затока; 3-й – м.Північний Одеський – порт Південний; 4-й – Одеська височина; 5-й – Дніпровського жолобу.

До району прибережних донних ландшафтів приурочені такі станції спостережень: ст.1, 2, 6 – 13, 15, 17, 18, 21, 22, 24, 28, 30, 41. В свою чергу увесь район ділиться на ряд підрайонів, а саме на підрайон від м.Ланжерон до Дачі Ковалевського припадають ст.14, 17, 18, 21, 22, на підрайон Одеську затоку ст.7 – 13, та на підрайон узбережжя від м. Північний Одеський до порту Південний – ст.6, 2, 1, 30.

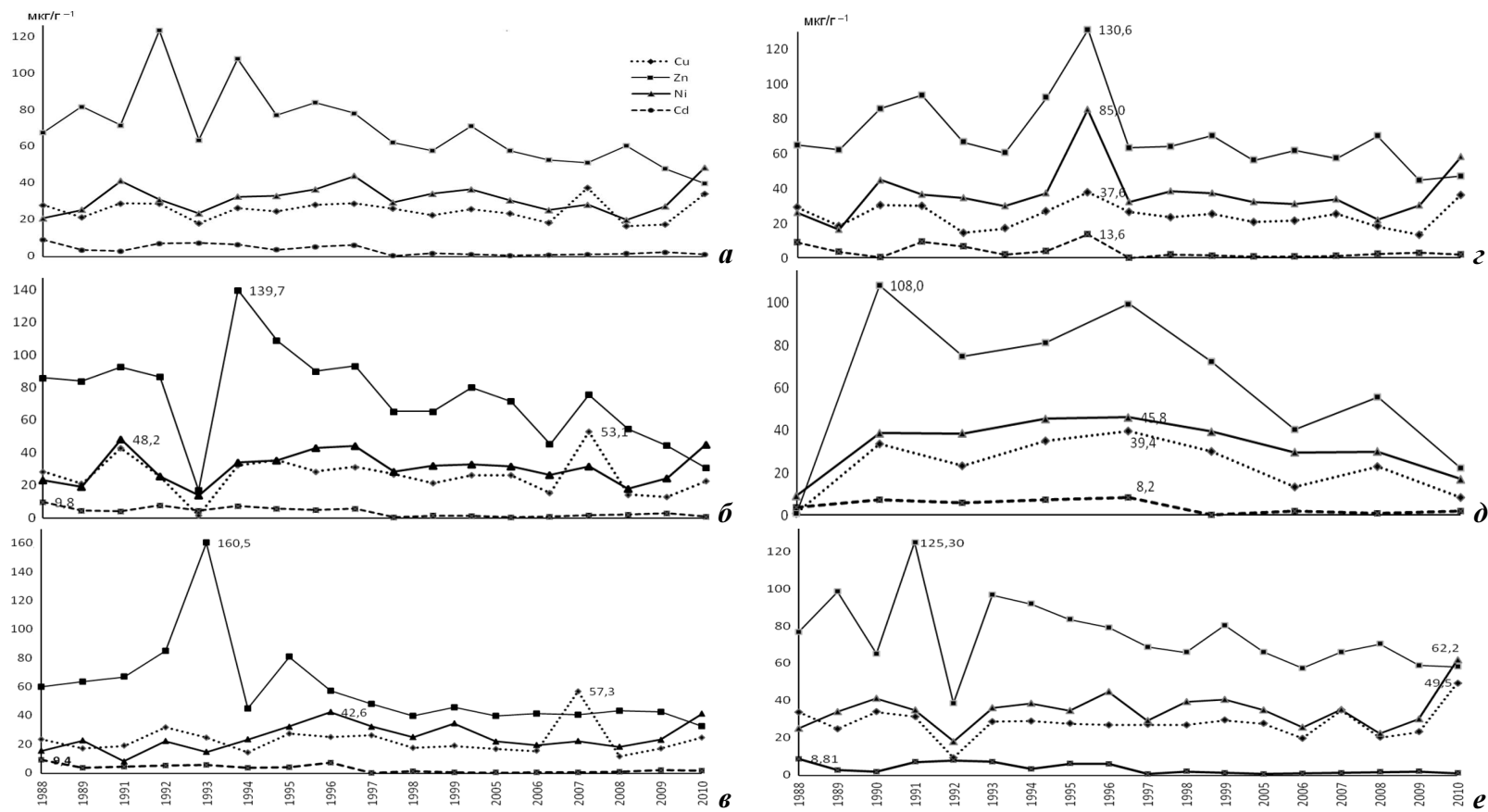
У район ландшафтів донних височин потрапляють ст.26 та 31 (Одеська банка), а в район ландшафту палеодолин (Дніпровський жолоб): ст.3 – 5, 15, 16, 19, 20, 23, 25, 27, 29, 32, 33, 35 – 37, 42, 43. Деякі з вказаних станцій розташовуються на кордонах районів, цей факт також брався до уваги. Запропоноване районування дозволяє більш диференційовано підійти до проблеми варіації концентрацій елементів-токсикантів у донних відкладах регіону.

Вивчення характеру розмаху середніх значень вмісту важких металів в донних відкладах по районах і підрайонах дозволив встановити загальні тренди розвитку гідролого-гідрохімічних процесів.

Район м.Ланжерон – Дача Ковалевського. Максимальні аномальні піки вмісту елементів припадають на: для *Zn* – на 1993 р., і склав $139,7 \text{ мкг/г}^{-1}$, для *Ni* – на 1990 р., склав $48,2 \text{ мкг/г}^{-1}$ і 1996 р. – $42,2 \text{ мкг/г}^{-1}$, для *Cu* на 2007 р. склав $53,1 \text{ мкг/г}^{-1}$. Періоди зниження загального токсичного забруднення важкими металами в районі, відповідають 1992 та 2006 рр. (рис.4, б)

Для підрайону Одеська затока максимальними виявились середньорічні значення: для *Zn* $160,5 \text{ мкг/г}^{-1}$ за 1993 р., для *Ni* $42,6 \text{ мкг/г}^{-1}$ за 1996 р., і $41,5 \text{ мкг/г}^{-1}$ за 2010 р., та для *Cu* $57,3 \text{ мкг/г}^{-1}$ за 2007 р. Суттєвого загального зменшення вмісту важких металів в даному районі не спостерігалось (рис.4, в).

Мис Північний Одеський – порт Південний. Максимальні середні значення для всіх важких металів цього району були зафіксовані у 1996 р. і склали для



Р и с . 4. Зміни середнього вмісту важких металів у донних відкладах у період з 1988 по 2010 рр. на полігоні “Одеський регіон ПЗЧМ” (а); у районах м.Ланжерон – Дача-Ковалевського (б); Одеська затока (в); м.Північний Одеський – порт Південний (г); Одеської височини (д); Дніпровського жолобу (е).

Zn 130,6 мкг/г⁻¹, для Ni – 85 мкг/г⁻¹, Cu – 37,6 мкг/г⁻¹ та кадмію 13,6 мкг/г⁻¹. Для останнього отримане значення є аномальним для усього періоду дослідження, порівняно з іншими районами, та полігону в цілому (рис.4, з).

У районі Одеської височини згідно результатів отриманих з 1990 р. максимальними були: для Zn 108,6 мкг/г⁻¹ на 1991 р., для Ni 45,26 мкг/г⁻¹ за 1995 р. і 45,86 мкг/г⁻¹ за 1996 р., для Cu 39,46 мкг/г⁻¹ за 1996 р. Періодом загальних мінімальних значень можна впевнено вважати 1990 р. та 1998 р. (рис.4, д).

Дніпровський жолоб. Максимальними середніми значеннями за період досліджень були: для Zn 125,3 мкг/г⁻¹ за 1991 р., для Ni 62,2 мкг/г⁻¹ за 2010 р., для Cu 49,5 мкг/г⁻¹ 2010 р. та Cd 8,05 мкг/г⁻¹ за 1992 р. (рис.4, е).

Аналіз диференційованості періодичності накопичення та розподілу важких металів у донних відкладах полігону “Одеський регіон ПЗЧМ”, призводить до думки про наявність коефіцієнтів подібності і відмінності для їх поведінки в донних відкладах для конкретних ландшафтних умов.

Стає очевидним, що на фоні загальної тенденції до зменшення вмісту всіх досліджуваних важких металів у донних відкладах полігону протягом періоду виконання досліджень, можна виділити три часових відрізка відносної інтенсифікації процесів накопичення токсичних елементів: 1990 – 1993, 1995 – 1996 і 2007 – 2008 рр.

Для кадмію відзначається така ж спрямованість, в зниженні його концентрації в донних відкладах за період спостережень. Проте його геохімічна поведінка своєрідна і не пов'язана прямо зі спрямованістю змін вмістів інших елементів-токсикантів [1, 17]. Якщо враховувати середньорічні значення важких металів за весь час досліджень до 2010 р. включно по запропонованим районам, то найбільш забруднені донні відклади в районі Мису Північний Одеський – порт Південний, який має максимальні середні значення Zn 89,75 мкг/г⁻¹, Ni 36,64 мкг/г⁻¹ та район м.Ланжерон – Дача-Ковалевського, де середньорічне значення склало Cu 28,82 мкг/г⁻¹, Cd 3,66 мкг/г⁻¹ (рис.5).

В діаграмі не приведені данні району Одеської банки, так як данні з відповідних станцій є лише з 1990 р., і вони не перевищують середньорічні значення суміжних районів.

Для більшої наочності розглянемо більш детально зміни абсолютних значень концентрацій елементів-токсикантів у 2005 – 2010 рр., оскільки результати більш ранніх етапів спостережень вже були надруковані [3, 11, 14, 20 – 22].

У 2005 р. найвищі концентрації важких металів були виділені в районі Дніпровського жолобу (див. рис.4, д), що, ймовірно, зумовлено інтенсивним стоком р. Дніпро зваженої та, відповідно твердої фракції та відповідно її гранулометричним складом [16].

Цей же висновок підтверджу-

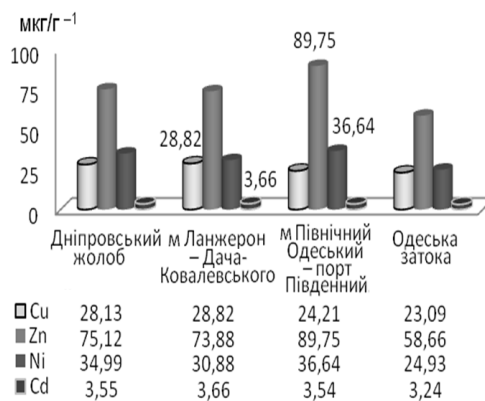


Рис.5. Зміни середнього вмісту важких металів у донних відкладеннях у період з 1988 по 2010 рр. на полігоні “Одеський регіон ПЗЧМ”.

ється підвищеним вмістом важких металів (по міді – 2 ГДК) у придонній воді на ст.31, яка розташована у напрямку поширення панівної течії від місця звалища ґрунту.

У 2007 р. збільшилося техногенне навантаження на центральну і південну частини полігону “Одеський регіон ПЗЧМ” (ст.9, 12). На ст.9 вміст міді і цинку у донних відкладах зросла у 3 і 1,3 рази відповідно у порівнянні з 2005 р. На цій станції відзначено також був підвищений вміст зваженої форми нікелю у придонній воді 1,5 ГДК розчиненої форми цинку в придонному шарі води. На ст.12 зазначено 1,5 ГДК розчиненої форми міді у придонному шарі води і підвищений її вміст в зваженій формі.

Для 2007 р. необхідно відзначити також збільшення вмісту важких металів у навколишньому середовищі прибережної смуги від м.Ланжерон до Сухого лиману, тобто у районі інтенсивного порушення узбережжя. Якщо в 2005 р. в морській воді взагалі не спостерігався вміст металів вище ГДК по всьому регіону, то в 2007 р. вміст цинку у придонній воді складав 1,1 ГДК у районі м.Ланжерон (ст.17) і близько 3 ГДК у придонному шарі води біля Іллічівського порту (ст.24). Що вірогідно є наслідком проведення днопоглиблювальних робіт.

З 1994 по 1999 рр. спостерігається тенденція зниження вмісту шкідливих для морського середовища важких металів майже до природних фонових значень. Надалі варіації концентрацій металів знаходилися в межах закономірних флуктуацій до 2009 р. Мінімальний вміст важких металів у донних відкладах було виявлено в районі м.Північний Одеський – порт Південний.

Відносно збільшення концентрації Zn в цьому підрайоні у 2008 р. спровоковано зрізанням берегових схилів у районі Північного одеського мису. Безпосередньо у прибережній смузі найвищий вміст важких металів відзначався у районі дача Ковалевського – мис Ланжерон, що, ймовірно може бути пов'язано з інтенсивною забудовою берегу. Низькі концентрації, важких металів у донних відкладах Одеської затоки та району Пересипу, швидше за все, пов'язані зі зменшенням інтенсивності діяльності промислових підприємств.

Треба додати, що у 2010 р. тенденція зниження вмісту серед ВМ зберігається лише для цинку, тоді як середньорічні значення концентрацій інших металів, мають незначне, але досить виражене підвищення (крім кадмію), що може свідчити про збільшення їх подальшого накопичення.

На превеликий жаль, в Україні поки що не затверджені на державному рівні гранично допустимі рівні (гранично допустимі концентрації – ГДК) для важких металів та інших хімічних сполук у морських донних відкладах. Тому для виявлення їх аномального вмісту допустимо використовувати величину природного фону, яка звичайно приймається рівною двох стандартних відхилень (σ). Результати статистичної обробки за в 1988–2000 рр. період вже були надруковані [5], можна лише зауважити, що всі досліджувані забруднюючі речовини мали величини нижче аномальних. Величини Eh свідчать про переважно окислювальні умови, а значення рН – про близькі до нейтральних умови накопичення донних відкладів.

Висновки. 1. Виходячи із загальних середньорічних значень вмісту всіх досліджуваних важких металів у донних відкладах по всьому полігону загалом та по районам зокрема Зафіксована тенденція до поступового зменшен-

ня середніх значень у морській воді вмісту цинку та навпаки, різке збільшення вмісту нікелю і міді (майже у два рази) за 2010 р. Незначні ж коливання середніх значень вмісту кадмію на відміну від інших важких металів, мають відокремлену поведінку, на протязі усього періоду дослідження.

2. Відносна інтенсифікація процесів накопичення токсичних елементів у середовищі полігону “Одеський регіон ПЗЧМ” на протязі усього періоду виконання досліджень, була зафіксована у три часових відрізка у: 1990 – 1993, 1995 – 1996 і у 2007 – 2008 рр.

3. Згідно порівнянню середньорічних значень вмісту ВМ в донних відкладах по районам полігону, найбільш насиченими токсикантами є райони м.Північний Одеський – порт Південний та м.Ланжерон – Дача-Ковалевського.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Айбулатов Н.А., Щербаков Ф.А. Лавинная седиментация на шельфе Черного моря // Изв. АН СССР. Сер. геол.– 1989.– № 12.– С.21-28.
2. Адобовский В.В., Александров Б.Г., Зайцев Ю.П. и др. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология.– Киев: Наукова думка, 2006.–702 с.
3. Дятлов С.Є. Еколого-токсикологічна оцінка морських донних відкладів // Вісн. ОНУ.– 2001.– № 1.– С.88-95.
4. Дятлов С.Е., Петросян А.Г., Ходаков И.В., Доценко Т.В., Эльстер А.М. Экспериментальная оценка качества прибрежных вод и донных отложений методами биотестирования // Исследование экосистемы Черного моря: Сб. научных трудов УкрНЦЭМ.– Вып.1.– 1994.– С.141-148.
5. Дятлов С.Е., Никулин В.В. Естественные парагенетические ассоциации элементов и соединений в донных отложениях полигона «Одесский мегаполис» (Черное море) // Экология моря.– 2003.– вып.63.– С.30-35.
6. Зарецкас С.А. Процессы седиментации и круговорота осадочного материала в Куршском заливе: 2. Комплекс методических процедур экстракции и концентрирования углеводов при исследовании морских экосистем // Труды Академии наук Литовской ССР.– 1989.– Серия Б.– т.1 (170).– С.128-133.
7. Зайцев Ю.П. Морские гидробиологические исследования Национальной академии наук Украины в 90-е годы XX столетия. Шельф и приморские водоемы Черного моря // Гидробиологический журнал.– 1998.– 34, № 6.– С.3-21.
8. Зайцев Ю.П. Экологическое состояние шельфовой зоны Черного моря у побережья Украины (обзор) // Гидробиологический журнал.– 1992.– т.28, № 4.– С.3-18.
9. Ищенко Л.В. Закономерности распределения терригенных компонентов донных отложений верхней части северо-западного шельфа Черного моря: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук.– 1972.– 26 с.
10. Руководство по химическому анализу морских вод.– СПб.: Гидромеоиздат, 1993.– 264 с.
11. Рясинцева Н.И., Саркисова С.А., Скрипник И.А., Савин, П.Т., Доценко С.А., Михалечко Ю.Е. Комплексный экологический мониторинг – как основа регламентирования антропогенных нагрузок (на примере прибрежной зоны моря в районе г. Одессы) // Глобальная система наблюдений Черного моря: фундаментальные и прикладные аспекты.– Севастополь, 2000.– С.70-75.
12. Какаранза С.Д., Маковецкая И.М., Никулин В.В. Концентрации органических загрязняющих веществ в морской воде северной части северо-западного шель-

- фа Черного моря // Геология северо-западного Причерноморья. Проблемы изучения и перспективы развития: Тез. докл. науч.-практ. конф.– 2008.– С.62.
13. *Куприн П.Н., Щербаков Ф.А.* Особенности распределения и состав современных осадков на шельфе северо-западной части Черного моря // Геоморфология и литология береговой зоны морей и других крупных водоемов.– М.: Наука, 1971.– С.127-131.
 14. *Лебедев С.Ю.* К вопросу об ассоциациях глинистых минералов и их распространении в четвертичных осадках шельфа Черного моря УССР.– Депонир. рук. ВИНТИ, Ин-т геол. наук.– 1990.– С.37-39.
 15. *Маковецкая Е.М., Никулин В.В., Ванштейн Б.Г., Маковецкая И.М.* Моделирование геомиграционных процессов в донных осадках Одесского региона Черного моря // Ежегодный сборник трудов юбилейной конф. «Сергеевские чтения».– 2009.– С.86-91.
 16. *Мельник О.В.* Літодинаміка шельфової зони північно-західної частини Чорного моря: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук.– Киев, 2000.– 29 с.
 17. *Методические указания по определению токсических загрязняющих веществ в морских донных отложениях.*– № 43.– М.: Гидрометиздат, 1979.– С.25-28.
 18. *Методические указания по определению токсичных загрязняющих веществ в морской воде на фоновом уровне.* – № 45.– М.: Гидрометиздат, 1982.– С.5-10.
 19. *Никулин В.В., Дятлов С.Е.* Мониторинговые эколого-геохимические исследования донных осадков и водной толщи прибрежного района г. Одессы Одесским филиалом ИнБЮМ // Геология, география и экология океана: Мат. Международ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Д.Г. Панина.– Ростов-на-Дону, 2009.– С.248-253.
 20. *Сторчак О.В., Никулин В.В., Золотарева И.Г., Слободян Е.А.* Эколого-геологическое состояние донных осадков районов перспективной нефтедобычи на взморье Дунай-Днестровского междуречья // Причерноморский екологічний бюллетень.– № 4 (26).– Одесса, «ИНВАЦ», 2007.– С.185-190.
 21. *Фесюнов О.Е.* Донные ландшафты северо-западного шельфа Черного моря // Природа.– 1996.– № 2.– С.71-76.
 22. *Фесюнов О.Е.* Геоэкология северо-западного шельфа Черного моря.– Одесса: Астропринт, 2000.– 100 с.
 23. *Юнг Г.В.* Инструментальные методы химического анализа.– М.: Гидрометиздат, 1960.– 540 с.

Материал поступил в редакцию 13.10.2012 г.

АННОТАЦИЯ. Приведена общая характеристика загрязнения тяжелыми металлами воды и донных отложений Одесского залива на полигоне «Одесский регион СЗЧМ» за период 1988 – 2010 гг. на основе исследований выполненных Одесским филиалом института биологии южных морей НАН Украины при проведении комплексного мониторинга Одесского залива.

ABSTRACT. General characteristics of heavy metal contamination of water and sediments of the Odessa Gulf at the landfill site "Odessa region of north-west of the Black Sea" during the period 1988-2010 period, based on studies made by the Odessa Branch of the Institute of Biology of Southern Seas, National Academy of Sciences of Ukraine within the comprehensive monitoring of Odessa Bay.