

levels of cadmium, copper and zinc; between levels of peroxidase activity in the sprouts and levels of cadmium and copper in the soil.

УДК 551.7: 464.3: 556.53

**ГОЛОВНІ РИСИ СУЧАСНИХ ДОННИХ ОСАДКІВ
ДНІПРОВСЬКО-БУЗЬКОГО ЛИМАНУ**

Альохіна Т.М.

*Державна наукова установа «Відділення морської геології
та осадового рудоутворення» НАН України,
Криворізькій відділ проблем екологічної геології та
розробки рудних родовищ
alohkina@gmail.com*

Представлене в статті матеріали являються обобщеними результатами досліджень донних осадків Дніпровсько-Бузького лиману. До визначених показників належать розмір часток осаду, ступінь засоленості, концентрація та просторовий розподіл хімічних елементів, вміст природних та техногенних радіонуклідів. В донних осадках лиману, в пробах відібраних з води, переважають псаміти, у берегових пробах – пеліти. Донні осадки не засолені, рН коливається у незначних межах. Хімічні елементи розподіляються нерівномірно, мозаїчно, що, вірогідно, обумовлюється геохімічним бар'єром ріка-море. Визначено перевищення ГДК_{грунт} для свинцю, мангану, хрому, та, подекуди цинку та міді. Наявні у донних осадках Дніпровсько-Бузького лиману природні радіонукліди тяжіють переважно до пелітової фракції, тоді як ¹³⁷Cs техногенного походження – до алевритової фракції. Загалом вміст радіонуклідів не високий.

*Донні осадки, Дніпровсько-Бузький лиман,
гранулометричний склад осадків, вміст хімічних
елементів, радіонукліди.*

Серед 21-го лиману північно-західного Причорномор'я, що знаходяться у межиріччі Дунаю та Дніпра, Дніпровсько-Бузький є найбільшим за площею водного дзеркала – понад 800 км². Даний лиман є лиманом відкритого типу та, водночас, складною природною гідроекосистемою.

У лимані, внаслідок обмеженого водообміну, відбувається зміна гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних умов осадконакопичення з річкових на морські, підсилюється ефект геохімічного бар'єру. Більша частина зваженої речовини, що надходить у лиман із теригенним стоком, затримується на стадії змішування річкової та морської води та потрапляє у седимент. В подальшому відбувається трансформація осадочного матеріалу на геохімічному бар'єрі ріка-море [4]. Генезис седименту відкритих лиманів різний: це – продукти стоку річок, абразії берегів і дна, розвиток біоса власне у лиманах, а також речовин, що приносяться морськими водами. Склад донних осадків Дніпровсько-Бузького лиману через обмеженість водообміну формується переважно від впливом теригенного стоку, менше – за рахунок розвитку продукційно-деструкційних процесів. Найбільш розповсюдженим типом седименту у Дніпровсько-Бузькому лимані є алевритові мули із середнім ступенем сортування, які складають літологічне тло донних осадків. Знесення цього матеріалу відбувається в основному за рахунок Дніпра та Південного Бугу [3, 5].

Роботами П.Ф. Гожики, Ю.І. Іноземцева, О.П. Лісіцина, Є.Ф. Шнюкова, О.Ю. Мітропольского, О.І. Наседкіна та інших, детально вивчено головні літолого-геохімічні особливості донних осадків, їх мінералогію та екологію [2, 7, 8]. Проте, сучасний природний гідродинамічний режим головних артерій Дніпровсько-Бузького лиману – Дніпра та Південного Бугу постійно змінюється внаслідок масивного антропогенного пресингу, найвагомим фактором якого є регулювання стоку річок. Саме тому можна очікувати збільшення транспортуючої ролі приток, таких як Інгулець та Інгул, які в свою чергу привносять техногенну складову у формування донних осадків лиману [6].

Вище зазначене обумовило актуальність досліджень, що мали на меті вивчити стан сучасних донних осадків

Дніпровсько-Бузького лиману та виокремити їх головні риси.

Об'єкт та методи досліджень

Досліджувалися донні осадки узбережжя та прибічної зони шельфу Дніпровсько-Бузького лиману. Точки відбору проб було розташовано вздовж умовних ліній (профілів), що перетинають лиман з півночі на південь та один профіль з заходу на схід (переріз гирлової ділянки Південного Бугу) (рис. 1). 1-й профіль перетинає Дніпровсько-Бузький лиман від м. Очаків до північно-західної окраїни Кінбурнської коси; 2-й профіль – від с. Куцуруб на «материковій» частині до с. Покровське на Кінбурнській косі; 3-й профіль с. Дмитровка («материк») – с. Василівка (коса). Четвертий профіль – переріз гирла Південного Бугу від заповідника Ольвія поблизу с. Парутіно (правий берег р. Південний Буг) до с. Лимани (лівий берег р. Південний Буг); 5-й профіль – біля с. Софіївка «материкова частина» – с. Рибальче, Кінбурнська коса. У кожному профілі відбиралися проби із води, на урізі води та берегові проби.

За стандартними методиками досліджувалися гранулометричний склад донних осадків, питома щільність, вміст водорозчинних солей. Значення кислотно-основного стану та питомої електропровідності (ЕС) визначалося за допомогою пристрою РНТ-028; вміст хімічних елементів визначався методом кількісного емісійного спектрального аналізу на спектрографі ІСП – 28. Вміст природних радіоактивних елементів (ПРЕ) та штучних (^{137}Cs) γ – випромінювачів вимірювали на напівпровідниковому гамма-спектрометрі високої роздільної здатності СЭГ-55к із Ge (Li) детектором ДГДК-110. Сумарна β -активність визначалася за допомогою пристрою УМФ-1500М (у тонких шарах із лічильником СБТ-13).



Рисунок 1 – Супутникове фото Дніпровсько-Бузького лиману з позначенням профілів (червоні позначки) та точок відбору проб донних осадків. Жовтими позначками відображено місця відбору проб на радіологічний аналіз

Figure 1 – Suputnikove photo Dniprovsko-Buzko estuary s poznachennyam profiliv (chervoni poznachki) that tochok vidboru samples donnih osadkiv. Zhovto poznachkami vidobrazheno mistysya vidboru samples for radiologichny analiz

Результати та їх обговорення

До особливостей гранулометричного складу донних осадків лиману можна віднести відмінність проб з «материкової» ділянки та ділянки коси. В пробах з «материкової» ділянки, відібраних із води та на урізі води, домінують псаміти. В берегових пробах превалюють пеліти, що складені переважно з дрібнодисперсних глинистих часток. Даний факт, вірогідно, є результатом постійної трансгресії моря. Винятком є проби з IV-го профілю, який перетинає гирло Південного Бугу, де в гранулометричному складі відповідних проб превалюють псаміти. Що стосується проб, відібраних вздовж Кінбурнської коси, то вони

представлені однорідним, добре відсортованим та промитим від домішок глини кварцовим піском, що містить близько 98 % псамітової фракції. Подекуди в пробах чітко простежується чергування шарів: псамітового та пелітового, що, вірогідно, відображає періоди коли море підходило та відступало.

Результати визначення питомої щільності донних осадків Дніпровсько-Бузького лиману не виявили просторових розбіжностей між «материковими» пробами та пробами з Кінбурнської коси. В цілому значення показника питомої щільності проб коливалось від 2,39 до 2,55 г/см³, в середньому – 2,47 г/см³. Найбільші значення питомої щільності визначені в пробах на урізі води. Імовірно, це пов'язано з хвильовим, тобто механічним «сортуванням» осадку у прибіжній зоні.

Вміст водорозчинних солей у донних осадках Дніпровсько-Бузького лиману незначний (табл. 1), що на фоні досить високої, у порівнянні із річковими, мінералізації води виглядає доволі цікаво. Пояснити це можна домінуванням у складі донних осадків кварцового піску, значним коливанням рівня мінералізації води у лимані (згінно-нагінні явища) та постійним перемішуванням води і відповідно «промиванням» верхнього шару донних осадків. Окремо проаналізовані проби виявили наступне: практично відсутня різниця у значеннях солевмісту між «материковими» пробами та пробами з коси; тоді як проби, відібрані на урізі води, майже вдвічі солоніші зі ті, що відібрані з берегу. Середнє значення солевмісту для першого профілю становить 0,355 % у 100 г сухої проби; другого – 0,172; третього – 0,228; четвертого – 0,157 та п'ятого – 0,242. Загалом, середній вміст водорозчинних солей у пробах відібраних у лимані становить 0,231 % у 100 г сухої проби.

Таблиця 1 – Вміст водорозчинних солей, значення кислотно-основного стану та питомої електропровідності у пробах донних осадків Дніпровсько-Бузького лиману

Table 1 – Vmist vodorozchinnih salts, the value of the acid-base camp that pitomoi elektroprovidnosti have samples donnih osadkiv Dniprovsko-Buzko estuary

Вміст водорозчинних солей, % у 100 г сухої проби	Значення кислотно-основного стану (рН), ум.од.	Значення питомої електропровідності, мкСм/см
Проби з «материкової» ділянки		
0,22 ± 0,15	7,47 ± 0,31	0,38 ± 0,19
Проби з Кінбурнської коси		
0,23 ± 0,27	6,89 ± 0,32	0,39 ± 0,47
Проби відібрані з води		
0,26 ± 0,29	7,09 ± 0,43	0,63 ± 0,52
Проби відібрані на урізі води		
0,32 ± 0,25	7,25 ± 0,52	0,43 ± 0,38
Проби відібрані на березі		
0,18 ± 0,16	7,15 ± 0,42	0,24 ± 0,15

Попри незначний розмах коливань значень рН проб осадків лиману спостерігається тенденція до помірного підкислення осадку у східному напрямку. Значення рН донних осадків у 1-му профілі коливаються в діапазоні 7,10–8,07; в другому – 6,62–7,93; у третьому – 6,35–7,60. Четвертий профіль перетинає гирло Південного Бугу та має свої особливості – значення рН донних осадків тут становить 7,14–7,62. У п'ятому профілі діапазон коливань рН осадків становить 6,61–7,06.

Питома електропровідність, яка зазвичай корелює із солевмістом, у даному випадку не має чітких трендів. Загалом отримано низькі значення питомої електропровідності: середнє значення для першого профілю – 0,437 мкСм/см; другого – 0,292 мкСм/см; третього –

0,417 мкСм/см; четвертого – 0,342 мкСм/см та п'ятого – 0,477 мкСм/см. Представлені у табл. 1 дані свідчать, що ЕС проб відібраних із води у тричі більші, ніж з берегу, а проби відібрані на урізі, за цим показником займають проміжне положення.

Вміст хімічних елементів у донних осадах Дніпровсько-Бузького лиману має строкатий характер та загалом свідчить про наявність геохімічного бар'єру на межі ріка – море. Хімічні елементи, що надходять до моря у вигляді різних сполук та мінералів з теригенним стоком, у зоні змішення вод можуть осаджуватися чи захоплюватися сорбентами, що сприяє очищенню води. Проте відновлювальне середовище може гальмувати процеси самоочищення. Останнє формується за рахунок сульфатредукції у придонних шарах води та верхньому шарі донних осадків в умовах інтенсивного надходження органіки. Дефіцит потенціалу самоочищення морського середовища проявляється в інтенсивній кумуляції зваженої речовини в седименті. Підтвердженням цьому є наявність у всіх досліджуваних пробах сульфідів, хоч і у невеликих кількостях [6]. Результати спектральних аналізів свідчать, що осадки Дніпровсько-Бузького лиману відзначаються суттєвим перевищенням кларкових рівнів таких елементів, як Mn, Ti, Zr, Nb, Pb, Cu, Sn, P, Ba. Визначено геохімічну спеціалізацію осадків Дніпровсько-Бузького лиману – марганець-циркон-титанову. Для низки елементів визначено перевищення $GDK_{\text{ґрунтів}}$. Так, виявлено поодинокі перевищення GDK для Cu, істотніші – для Mn та Cr, та повсюдні – для Pb. Розмах коливань цього важкого металу становить 8 – 100 мг/кг. Специфічним виявився вміст Zn: помірні кількості у I-му профілі та значні у V-му профілі, який фактично є перерізом гирла Дніпра.

Результати визначення вмісту радіонуклідів та сумарної β -активності у пробах донних осадків наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Вміст радіонуклідів у пробах донних осадків Дніпро-Бузького лиману (Бк/кг сухої речовини) та сумарна β -активність ($\text{кг}^{-1}\text{с}^{-1}$)

Table 2 – Vmist radionuklidiv have samples donnih osadkiv Dnipro-Buzko estuary (Bq / kg suhoї rechovini) that β -aktivnist sumarno ($\text{kg}^{-1}\text{s}^{-1}$)

Точки відбору*	^{234}Th	^{214}Pb	^{214}Bi	^{228}Ac	^{212}Pb	^{235}U	^{40}K	^{137}Cs	$\Sigma\beta$
1.	60 ± 8	16 ± 2	16 ± 2	21 ± 3	22 ± 2	0,74 ± 0,14	185 ± 22	1,6 ± 0,3	30 ± 6
2.	86 ± 17	28 ± 3	28 ± 6	44 ± 7	41 ± 4	2,83 ± 0,70	518 ± 57	< 1	77 ± 8
3.	56 ± 9	18 ± 2	17 ± 2	22 ± 3	22 ± 2	1,00 ± 0,14	258 ± 27	3,4 ± 0,4	33 ± 4
4.	28 ± 4	22 ± 2	21 ± 3	33 ± 3	32 ± 3	2,10 ± 0,26	638 ± 55	1,1 ± 0,3	70 ± 7
5.	21 ± 9	11 ± 1	10 ± 2	14 ± 2	13 ± 1	0,77 ± 0,22	185 ± 23	1,1 ± 0,3	36 ± 7
6.	< 11	17 ± 2	18 ± 2	11 ± 1	10 ± 1	0,18 ± 0,03	50 ± 11	0,5 ± 0,1	16,5 ± 2,4
7.	44 ± 13	18 ± 2	16 ± 2	21 ± 3	20 ± 2	0,48 ± 0,17	319 ± 35	0,4 ± 0,3	96 ± 3
8.	36 ± 9	14 ± 2	14 ± 2	20 ± 3	19 ± 2	1,0 ± 0,2	302 ± 30	0,2 ± 0,2	57 ± 5
9.	51 ± 14	14 ± 2	11 ± 3	31 ± 3	31 ± 3	1,4 ± 0,3	205 ± 26	2,1 ± 0,3	32 ± 5
10.	46 ± 6	11 ± 1	12 ± 2	25 ± 3	24 ± 2	1,2 ± 0,2	271 ± 31	1,8 ± 0,4	44 ± 5
11.	54 ± 17	17 ± 2	18 ± 2	21 ± 2	22 ± 2	1,2 ± 0,4	173 ± 22	1,0 ± 0,2	34 ± 5

Примітка: * точки відбору проб на радіологічний аналіз позначені на рис. 1 жовтими позначками

Попри незначну кількість проб можна відзначити, що вміст ^{238}U у «материкових» пробах дещо вищий, ніж у пробах з коси. Концентрації ^{228}Ac (тобто ^{232}Th) є стабільними та відносно невисокими. Що стосується ^{235}U , то вміст його у досліджених пробах є доволі незначним, хоча і коливається у широкому діапазоні від 0,18 до 2,83 Бк/кг [1].

Концентрація ^{137}Cs чорнобильського походження у визначених пробах відносно низька, хоча вміст цього нукліду варіює в широких межах – коливання складають

понад 15 разів. Радіоцезій мігрує переважно у вигляді суспензії (адсорбований на глинистих частинках). У досліджених пробах донних осадків переважає псамітова фракція, що, можливо, обумовлює низькі концентрації ^{137}Cs . Сумарна β -активність (табл. 2) має досить широкий розмах значень від 16,5 до $96 \text{ кг}^{-1}\text{с}^{-1}$. Привертає увагу факт, в середньому, двократної різниці цього показника у пробах, відібраних з води та на береговому схилі.

Результати кореляційного аналізу між гранулометричним складом донних осадків та вмістом радіонуклідів надані у табл. 3.

Таблиця 3 – Коефіцієнти парної кореляції між гранулометричним складом осадків та вмістом радіонуклідів

Table 3 – Koeffitsienti parnoї korelyatsiї mizh granulometrichnim warehouse osadkiv that vmistom radionuklidiv

	^{234}Th	^{214}Pb	^{214}Bi	^{228}Ac	^{212}Pb	^{235}U	^{40}K	^{137}Cs
Псефіти	0,12	-0,30	-0,44	0,16	0,21	0,02	-0,29	0,36
Псаміти	-0,25	-0,66	-0,57	-0,69	-0,63	-0,71	-0,92	0,20
Алеврити	0,02	-0,23	-0,28	-0,36	-0,35	-0,41	-0,27	0,58
Пеліти	0,23	0,67	0,61	0,67	0,62	0,71	0,92	-0,29

Враховуючи обмежену кількість проб, у яких було здійснено радіологічний аналіз, можемо визначати лише тенденцію приналежності радіонуклідів до пелітової фракції донних осадків. Проте, радіоцезій в цих пробах більше тяжіє до алевритової фракції.

ВИСНОВКИ

1. На формування сучасних донних осадків в Дніпровсько-Бузькому лимані окрім природних чинників певною мірою впливає антропогенний фактор. В донних осадках домінують псаміти, представлені переважно кварцовим піском. Осадки не засолені, що свідчить про постійне «промивання» їхнього верхнього шару. На особливі, характерні для Дніпровсько-Бузького лиману,

геохімічні спеціалізації накладає відбиток техногенний фактор у вигляді низки важких металів-полютантів (Pb, Cu, Zn, Mn, Cr).

2. Вміст природних радіонуклідів у донних осадах Дніпровсько-Бузького лиману невисокий. Радіонукліди тяжіють переважно до пелітової фракції донних осадків. В усіх проаналізованих пробах було визначено ¹³⁷Cs чорнобильського походження, вміст якого коливається в діапазоні від 0,22 до 3,4 Бк/кг.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Альохіна Т.М. Радіонукліди в донних осадах Дніпровсько-Бузького лиману / Альохіна Т.М., Гудзенко В.В. // Екологічні дослідження Дніпровсько-Бузького регіону. Наукові читання присвячені дню науки. – Херсон. – 2015. – Випуск 8. – С. 11–17.

Al'okhina T.M. Radionuklidy v donnykh osadkakh Dniprovs'ko-Buz'koho lymanu / Al'okhina T.M., Hudzenko V.V. // Ekolohichni doslidzhennya Dniprovs'ko-Buz'koho rehionu. Naukovi chytannya prysvyacheni dnyu nauky. – Kherson. – 2015. – Vypusk 8. – S. 11–17.

2. Геология Черного и Азовского морей /Под ред. Е.Ф. Шнюкова. – К.: Наукова думка. – 2000. – 338 с.

Neolohyua Chernoho y Azovskoho morey /Pod red. E.F. Shnyukova. – K.: Naukova dumka. – 2000. – 338 s.

3. Геология шельфа УССР. Лиманы / Под ред. Е.Ф. Шнюкова. – К.: Наукова думка. – 1984. – 176 с.

Neolohyua shel'fa USSR. Lymani / Pod red. E.F. Shnyukova. – K.: Naukova dumka. – 1984. – 176 s.

4. Демина Л.Л. Формы Fe, Mn, Zn, Cu в речной воде и взвеси и их изменения в зоне смешения речных вод с морскими (на примере рек бассейнов Черного, Азовского и Каспийского морей) / Демина Л.Л., Гордеев В.В., Фомина Л.С. // Геохимия. – 1978. – № 8. – С. 1211–1229.

Demyna L.L. Formy Fe, Mn, Zn, Cu v rechnoy vode y vzvesy y ykh yzmenenyua v zone smeshenyua rechnukh vod s morskymy (na prymerе rek basseynov Chernoho, Azovskoho y

Kaspyyskoho morey) / Demyna L.L., Hordeev V.V., Fomyna L.S. // Неокхутууа. – 1978. – № 8. – S. 1211–1229.

5. *Лисицын А.П. О соотношении выноса элементов реками и их накопление в донных осадках океанов / А.П. Лисицын, В.Н. Лукашин, Е.Г. Гурвич и др. // Геохимия. – 1982. – № 1. – С. 1106–113.*

Lysytsun A.P. O sootnoshenyy vinosa elementov rekamy u ykh nakoplenye v donnikh osadkakh okeanov / A.P. Lysytsun, V.N. Lukashyn, E.N. Hurvych y dr. // Неокхутууа. – 1982. – № 1. – S. 1106–113.

6. *Малахов И.Н. Условия формирования донных осадков устьевых участков рек Днепровско-Бугского лимана в условиях антропогенной нагрузки / Малахов И.Н., Иванченко В.В., Алёхина Т.Н. и др. // Геология и полезные ископаемые мирового океана. – Киев, 2010. – № 2(20). – С. 69–78.*

Malakhov Y.N. Uslovyaya formirovaniya donnikh osadkov ust'evikh uchastkov rek Dneprovsko-Buhskoho lymana v uslovyayakh antropohennoy nahruzky / Malakhov Y.N., Yvanchenko V.V., Alëkhyna T.N. y dr. // Неолохууа у poleznie yskopaemie tyrovoho okeana. – Kyev, 2010. – № 2(20). – S. 69–78.

7. *Митропольський О.Ю. Екогеохімія Чорного моря / Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Оськіна Н.П. – К.: Наукова думка. – 2006. – 279 с.*

Mytropol's'kyu O.Yu. Ekoheokhimiya Chornoho morya / Mytropol's'kyu O.Yu., Nasyedkin Ye.I., Os'kina N.P. – K.: Naukova dumka. – 2006. – 279 s.

8. *Шнюков Е.Ф. Распределение тяжелых минералов в осадках Днепро-Бугского лимана / Шнюков Е.Ф., Иноземцев Ю.И., Усенко В.П. // Осадочные породы и руды. – К.: Наук. думка. – 1978. – С. 32–41.*

Shnyukov E.F. Raspredelenye tyazhelikh myneralov v osadkakh Dnepro-Buhskoho lymana / Shnyukov E.F., Ynozemtsev Yu.Y., Usenko V.P. // Osadochnie porodi y rudi. – K.: Nauk. dumka, 1978. – S. 32–41.

**MAIN FEATURES OF MODERN BOTTOM
SEDIMENTS OF THE DNIEPER-BUG ESTUARY**

Alokhina T.N.

*Department of sea geology and sedimentation of the
National Academy of Science of Ukraine*

alohkina@gmail.com

The basic features of modern bottom sediments of the Dnieper-Bug estuary were researched and presented in this article. Studied bottom sediments surf coast and shelf areas of the Dnieper-Bug estuary. Dnieper-Bug estuary is the largest estuary north-western part of Black Sea and at the same time complex natural by hydro ecosystem. The composition of bottom sediments Dnieper-Bug estuary due to limited water exchange is formed mainly influenced by terrigenous run off, less - through the development of productional-destructive processes. The most common type of sediment in the Dnieper-Bug estuary are silts with an average degree of sorting that constitute lithological basic of the bottom sediments. Thus, grain size analysis shows the predominance psamitic fraction in samples taken from water and pelitic fraction coastal samples. The value of the specific density of the samples ranged from 2,39 to 2,55 g / cm³, an average – 2,47 g / cm³. Bottom sediments are not saline, pH fluctuates negligibly in and close to neutral. The specific conductivity, which normally correlates with salt concentration, it has no clear trends, overall obtained low values of conductivity. The concentration of chemical elements is mosaic, which is significantly driven by geochemical barrier. Defined the geochemical specialization of sediments Dnieper-Bug estuary – manganese, zircon and titanium. However, almost all the investigated samples content of lead exceeds the MCL, also excess of MCL were defined for manganese, chromium and, sometimes, copper and zinc. In general, the concentration of radionuclides in the estuary's sediments are low. It is shown that naturally occurring radionuclides gravitate to a pelitic fraction of bottom sediments, but radiocaesium more inclined to silt fraction. In all samples analyzed indicated the presence of ¹³⁷Cs technogenic origin.