

УДК 549.283(477)

**ЛІТОЛОГО-МІНЕРАЛОГІЧНИЙ СКЛАД ДОННИХ ОСАДІВ
ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОМОРСЬКОГО ШЕЛЬФУ УКРАЇНИ**

**О. Можина¹, О. Сторчак¹, В. Нікулін¹,
Б. Ванштейн², І. Андрєєва²**

¹*Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова
65026 Україна, м. Одеса, вул. Дворянська, 2
E-mail: vlnik@ukr.net*

²*“ВНИИОкеангеология”
190121 Росія, м. Санкт-Петербург, Англійський просп., 1
E-mail: van@vniio.nw.ru*

Виконано гранулометричні та мінералогічні дослідження донних відкладів північної частини чорноморського шельфу України. Переважними фракціями осадів є пелітові та алевритові різновиди. Вихід важкої фракції коливається від 0,54 до 0,12 %. У мінеральному складі осадів виділено такі комплекси: чорнорудно-гранатовий з лейкоксеном, чорнорудно-епідот-піроксеновий з гідроксидами заліза, гранат-чорнорудний з епідотом або з гідроксидами заліза, чорнорудний з піритом. Визначено характер поширення цих комплексів по досліджуваній території.

Ключові слова: мінералогія, гранулометрія, донні відклади, новочорноморський вік, Чорне море, Україна.

На сучасному етапі розвитку незалежної України важливе значення має дослідження наявності рудних концентрацій різних корисних мінералів, а також розшук розсіпних родовищ у шельфовій зоні Чорного моря.

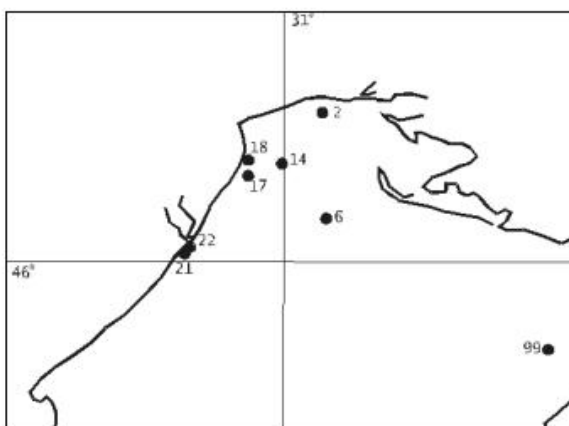
Мінеральний склад донних осадів досліджуваного району раніше вивчали М.А. Айбулатов, Є.Н. Невеський, Р.Ю. Бутузова, М.І. Лебідь, В.П. Резнік, З.Т. Новинова, Л.І. Пазюк, Л.В. Іщенко, Є.Ф. Шнюков та ін. [1, 3, 5, 7, 8, 14].

Для експериментальних досліджень сорбційних властивостей донних осадів у північній частині Чорного моря за допомогою дночерпальника влітку 2000 р. геологи кафедри загальної та морської геології Одеського національного університету імені І.І. Мечникова відібрали вісім проб донних відкладів новочорноморського віку. Місцезнаходження точок пробовідбору показані на рис. 1.

Детальний аналіз гранулометричного складу осадів (13 фракцій) та виділення важкої фракції виконували в лабораторії “ВНИИОкеангеология” (Санкт-Петербург, Росія) за загальноприйнятою методикою [2, 9]. Мінералогічні визначення проводили оптичними методами в імерсійних препаратах [12].

Головним завданням вивчення донних відкладів було дослідження мінерального складу осаду, виділення характерних мінеральних комплексів і з’ясування ареалів рознесення уламкового матеріалу. Як головну досліджували алевритову фракцію (0,10–0,05 мм).

Рис. 1. Схема розміщення станцій донного опробування.



Гранулометрична характеристика осадів. Вивчені осади представлені відкладами, що мають достатньо мінливий, переважно змішаний фракційний склад (табл. 1).

Таблиця 1

Результати гранулометричного аналізу проб

Вимірювані характеристики	Номер проби							
	2	6	14	17	18	21	22	99
Вологість, %	67,6	60,5	66,7	53,7	30,8	27,5	38,9	65,8
Маса сухої проби, г	8,2	19,4	4,5	19,4	10,7	36,3	22,4	16,4
Розмір фракції, мм	Вміст фракції, %							
>1,00	–	–	–	1,0	–	1,1	1,3	–
1,00–0,63	–	–	–	0,3	–	0,6	0,9	–
0,63–0,40	–	–	–	1,0	–	2,2	0,9	–
0,400–0,315	–	0,3	1,1	0,5	0,5	4,4	0,4	–
0,315–0,200	1,2	1,0	–	3,6	–	11,0	2,2	–
0,200–0,160	2,5	1,0	1,1	1,0	0,5	2,5	1,8	0,3
0,160–0,100	3,7	4,1	1,1	1,6	0,9	4,7	4,5	0,3
0,100–0,063	2,5	4,1	1,1	1,0	4,7	3,6	3,1	0,3
0,063–0,050	1,2	5,7	2,2	1,6	9,4	4,4	4,5	0,3
0,050–0,010	22,1	36,1	24,6	36,7	46,0	30,9	45,4	25,7
0,010–0,005	27,3	13,1	27,0	11,7	7,9	9,3	12,0	17,0
0,005–0,001	36,3	25,8	34,9	31,9	23,0	14,0	16,5	47,8
<0,001	3,2	8,5	6,7	7,8	7,1	11,1	6,2	8,3
Сума	100,0	99,7	99,8	99,7	100,0	99,8	99,7	100,0

Переважними фракціями є пелітові та алевритові у різному поєднанні і з різною часткою домішки піщаної фракції. За гранулометричними особливостями в межах дослідженої частини шельфу виділені два головні типи відкладів – алеврити та

пеліти, кожний з яких розподілений на декілька різновидів. Серед алевритів виділені піщанисто-пелітово-алевритистий осад, піщанисто-пелітовий алеврит та пелітовий алеврит, серед пелітів – алевропеліт та алевритовий пеліт [11, 13].

На півночі й у центральній частині вивченого району велика частина території зайнята пелітовими осадами. У прибережній частині поширені алевритові пеліти, що містять близько 70 % пелітової фракції і складаються з частинок розміром 0,010–0,005 і 0,005–0,001 мм. Поле їхнього поширення простягається від гирла Дніпра на південь уздовж Дніпровського жолоба (точки 2, 14, 17). Алевритові пеліти виявлені також і на сході вивченої площі (т. 99). Їхньою відмінною особливістю є переважання вмісту в пелітовій частині середньодисперсного різновиду до 65,4 % (тут і далі відсотковий вміст грубо-, середньо- і тонкодисперсних пелітів від суми пелітів). Алевритова частина осаду практично монофракційна і представлена на 98 % тонкоалевритовою фракцією (0,05–0,01 мм).

У центральній частині району розвинені алевропеліти (т. 6), також приурочені до Дніпровського жолоба з глибинами понад 30 м. У точці пробовідбору 18 поширені осади, подібні за складом, але з дещо меншим вмістом пелітів (до 40 %). Вони представлені пелітовими алевритами, причому пелітова частина переважно середньодисперсна (60,5 %).

На заході, в районі гирла Дністерського лиману (т. 21, 22), осади грубші, піскуваті, хоча також містять значну кількість тонкої фракції. Тут поширені піщанисто-пелітові алеврити й піщанисто-пелітово-алевритисті осади. У найгрубших з наявних різновидів, де вміст піщаної фракції перевищує 26 %, пелітова розмірність становить максимальну кількість тонкодисперсної фракції – 32,3 % за загального вмісту пелітів 34,4 %.

Співвідношення різних гранулометричних фракцій в осадах показані на потрійних діаграмах (рис. 2) [10].



Рис. 2. Потрійна діаграма гранулометричного складу осадів.

Емпіричні поля розподілу фракцій бі- та полімодальні. Бімодальні криві мають низький максимум у ділянці пісків і високий максимум у ділянці пелітів (т. 2, 14, 99), ускладнені невеликими позитивними екстремумами в ділянці алевритів для двох перших точок і з двома добре вираженими максимумами в ділянці алевритів і пелітів для т. 99. Полімодальні емпіричні поля розподілу мають маленький максимум у пісках, несиметричний максимум в алевритах і симетричний – у пелітах. Відмінна особливість емпіричних полів розподілу фракцій осадів у т. 21 – наявність

чіткої і гострої моди в піщаній ділянці та розмитого, нечіткого, широкого і низького максимуму, що завершується в пелітовій ділянці.

Кумулятивні криві (рис. 3) звичайно досить круті, з двома чіткими перегинами в алевритовій і пелітовій ділянках, увігнуті й опуклі. Для пелітової ділянки кумулятивна крива поступова, але з трьома “ламаними” перегинами в межах пісків та алевритів.

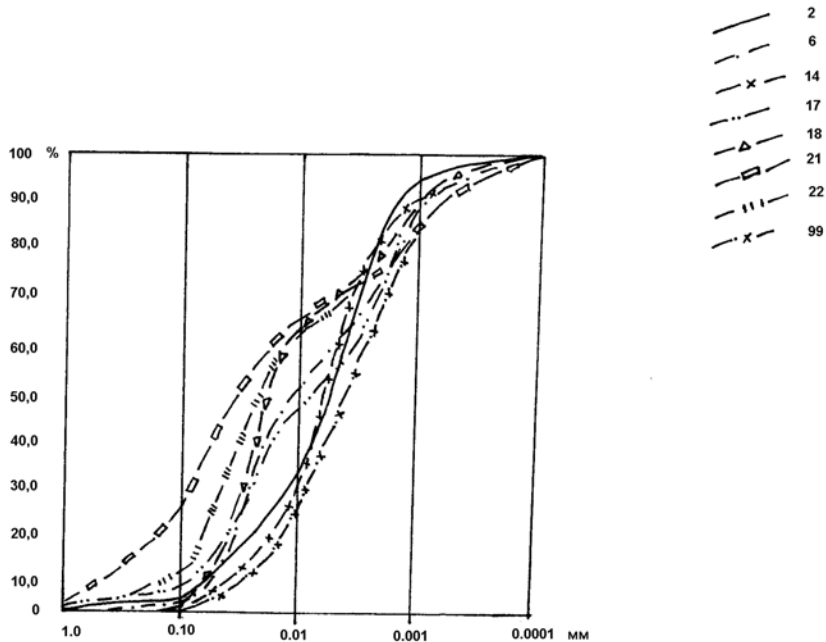


Рис. 3. Кумулятивні криві донних відкладів: 2, 6, 14, 17, 18, 21, 22, 99 – номери станцій.

Осади на південному заході району (т. 21) мають змішаний склад і багатoverшинний розподіл у гістограмах практично всіх другорядних фракцій, крім головної, тонкоалевритової.

Розглянутий тип емпіричних полів розподілу, згідно з В.І. Гуревичем, типовий для елювіально-делювіальних відкладів [4]. Розподіл у пелітовій частині свідчить про постійне надходження в осади недиференційованої суспензії, а складна кумулятивна крива є ознакою різноманітної динаміки седиментації – відкладення, перенесення, розмивання, що характерне для лагунно-дельтових фацій.

Північніше (т. 22, 18) осадонакопичення має риси попереднього типу, але стабільніші. Переважання монофракційної тонкоалевритової фракції разом з частково диференційованою середньодисперсною, асиметричність алевритової моди емпіричних полів розподілу, опуклі кумулятивні криві є ознаками активнішої гідродинаміки (перенесення речовини в потоці). Мінеральний склад сформованих осадів дуже зрілий, домінують стійкі акцесорні мінерали, що свідчить про неодноразове перемивання осадів у ділянці денудації та вздовж їхнього берегового розподілу у ділянці акумуляції.

На півночі акваторії (т. 2, 14) в осадах переважають пелітові фракції, та водночас важлива роль алевритової складової, що свідчить про слабку диференціацію тонкого матеріалу у водному потоці. Кумулятивні криві увігнуті з додатковими слабкими перегинами, що є ознакою одночасного розмивання і надходження слабо диференційованого матеріалу. Високий вміст породотворних слабостійких мінералів засвідчує близькість корінних джерел зносу, а переважання серед аутигенних мінералів гідроксидів заліза – можливий вплив кори звітрування на формування мінерального складу осадів [13].

На сході вивченої території (т. 99), у Каркінтській затоці, умови седиментації дещо схожі з попередніми, але відрізняються різкішою диференціацією тонкої фракції. З огляду на мінеральний склад важкої фракції можна припустити, що тут переважає інше джерело зносу, яке, швидше за все, містить значну кількість піриту, оскільки припущення про аутигенне формування піриту безпосередньо в пухкому осаді на порівняно малих глибинах маловірогідне.

У центральній частині району (т. 6) бімодальний розподіл в емпіричних полях з модами в алевритах і пелітах свідчить про деяку диференціацію матеріалу, а симетрична широка мода в пелітах – про диференційоване надходження матеріалу з суспензії. Кумулятивна крива полога, рівна, що є доказом перенесення і відкладення шляхом сальтації й осадження суспензії (очевидно, у локальних зниженнях дна) із впливом зносу з північного і західного напрямку [4].

Мінералогічна характеристика осадів. Усі зерна мінералів у пробах – кутасті, кутасто-обкатані, іноді напівобкатані, на поверхні зерен у ямках і поглибленнях простежуються примазки глинистого матеріалу, крім того, зерна містять багато рудних включень, тріщинуваті.

Моноклінний піроксен є у вигляді кутасто-обкатаних тріщинуватих зерен, що містять багато рудних включень, димчастих, злегка коричневих. Подекуди зафіксовано чисті зерна без включень (проба 99).

Ромбичний піроксен має вигляд чистих від включень призматичних зерен, що плеохроюють у блідо-зелених–рожевих тонах.

Рогова обманка наявна у вигляді зелених напівобкатаних зерен, чистих від включень, в окремих зернах є кутасті включення (проба 22).

Епідот–цоїзит міститься у вигляді кутастих зерен з масою рудного пилу, сильно тріщинуватих, безбарвних, рідше фісташково-зелених.

Циркон наявний у вигляді кутастих напівобкатаних безбарвних зерен з рідкісними включеннями рудних мінералів і піроксенів. Їх можна розділити на: добре обкатані безбарвні зерна; призматичні й кутасті зерна з гранями росту без включень; з включеннями інших мінералів і газопо-рідинними включеннями в центральній частині зерен; безбарвні безформні з включеннями рудних мінералів з бурою облямівкою навколо них (проба 99).

Гранат є у вигляді безбарвних напівобкатаних зерен, у центральній частині яких простежуються газопо-рідинні включення. Іноді трапляються кутасті зерна з великою кількістю рудних і газопо-рідинних включень (проба 99).

Ставроліт має вигляд кутастих, кутасто-обкатаних зерен жовтого кольору з газопо-рідинними включеннями.

Кіаніт зафіксовано у вигляді сплюснених, пластинчастих безбарвних зерен з низьким двозаломленням.

Малахіт – безформне зерно яблучно-зеленого кольору з $n > 1,702$, розчинилося в HNO_3 .

Пірит є у вигляді мікроконкрецій (іноді абсолютно округлої форми) або брусків з нерівною шорсткою, горбкуватою поверхнею, нерідко в плівці з гідроксидів заліза.

Рутил має вигляд кутасто-обкатаних зерен коричневого кольору.

Апатит наявний у вигляді напівобкатаних округлих замутих рудними включеннями зерен.

Фосфатні стяжіння є у вигляді глобулярних зерен, напівобкатаних, нерідко з волокнистою будовою, жовтувато-бурих, з показником заломлення 1,734, низьким двозаломленням. Дають слабку реакцію на фосфор, можливо, це вторинні фосфати групи крандаліту або варуліту (рідкісноземельні), що звичайно утворюються в слабкокислому і кислому середовищі. Однак усе це потребує перевірки (ліпше за допомогою електронної мікроскопії або мікрозонда).

Лужний амфібол представлений глаукофаном.

Результати мінералогічного аналізу важкої фракції наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати мінералогічного аналізу важкої фракції (0,05–0,10 мм) проб, %

Мінерал	Номер проби							
	2	6	14	17	18	21	22	99
Моноклінні піроксени	23,5	3,3	56,6	3,2	0,3	0,4	0,2	2,4
Ромбічні піроксени	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5			
Егірін					0,3			
Олівін					0,2			
Рогова обманка	5,3	8,8	3,5	7,1	0,7	0,8	1,9	0,3
Актиноліт–тремоліт	0,2				0,2		0,2	0,3
Лужні амфіболи						0,2		
Епідот–цоїзит	15,1	8,0	5,3	7,4	6,8	0,9	2,3	0,9
Апатит	0,8	0,2	0,5	1,1	4,4	0,9	2,1	0,6
Турмалін	0,2	0,9	0,3	1,1	0,2	0,8	1,2	
Гранат	6,8	11,8	2,7	6,4	38,5	37,6	36,6	3,0
Циркон	4,8	3,1	4,5	5,6	2,6	10,8	4,7	0,3
Сфен	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2			
Рутил	0,8	4,8	0,3	4,4	4,1	3,0	4,1	0,9
Анастаз				0,4	0,3	0,2	0,6	
Брукіт							0,2	
Мінерали титану	0,8	4,3	1,0	8,3	14,4	18,2	17,0	2,4
Біотит	0,2	0,2		0,7	0,3		0,2	0,3
Хлорит	0,2	0,2	0,3			0,2	0,6	
Ставроліт		0,9	0,3	1,6	1,7	1,9	2,7	

Закінчення табл. 2

Мінерали	Номер проби							
	2	6	14	17	18	21	22	99
Кіаніт		1,9		1,6	0,9	0,6	0,4	0,3
Силіманіт		0,2		0,9				
Хлоритоїд			0,3	0,2	0,3	0,2		
Хромшпінеліди		0,2			0,2	0,3		
Чорні рудні	17,5	49,1	10,1	34,8	17,8	20,7	20,7	8,2
Пірит	4,0	0,5	1,8	2,3	0,3	0,2		73,0
Гідроксиди заліза	15,9	0,7	10,1	11,6	3,8	2,1	5,3	7,1
Доломіт			0,3					
Сидерит	3,0	0,3		0,4				
Залізо-карбонатні агрегати	0,5		1,3		0,2			
Барит					0,2			
Малахіт				0,2				
Корунд					0,3			
Фосфатні стяхіння					0,3			
Вихід важкої фракції, %	0,27	0,15	0,28	0,30	0,12	0,54	0,30	0,35

Вміст важкої підфракції в середньоалевритовій фракції достатньо стабільний, коливається від 0,54 до 0,12 %. Найбільший вихід важкої фракції зафіксовано в т. 21, найменший – у т. 18. З мінералів у пробах переважають моноклінний піроксен, рогова обманка, епідот, чорні рудні мінерали, гранат, циркон, рутил, лейкоксен, гідроксиди заліза й пірит, у незначних кількостях є мінерали метаморфічного походження – ставроліт, кіаніт та ін. Їхнє кількісне співвідношення змінюється по площі, коливається вміст у важкій фракції породотворних, акцесорних та аутигенних мінералів, а також співвідношення піроксенів, амфіболів і мінералів групи епідоту–цоїзиту, піриту й гідроксидів заліза. У низці проб (т. 2, 14) переважають породотворні мінерали: моноклінні піроксени, рогові обманки й епідот–цоїзити, в інших (т. 6, 17, 18, 21, 22) – акцесорні: гранат, циркон і чорні рудні мінерали, а в т. 99 – аутигенні мінерали й пірит. Співвідношення мінералів важкої фракції різного генезису показано на рис. 4.

Характер розподілу мінералів важкої фракції у вивчених осадах дав змогу виділити мінеральні комплекси і з'ясувати їхнє поширення по площі (рис. 5) [11]. Комплекси визначені на підставі переважної ролі теригенних мінералів у пробах з урахуванням аутигенної складової. Можливо, частина так званих аутигенних мінералів у досліджених осадах також має теригенну природу, вони сформувались у материнських корінних породах або розмиті й перевідкладені з пухких відкладів [6–8].

На заході території, від гирла Дністерського лиману, уздовж берега до району Одеської затоки розміщений чорнорудно-гранатовий комплекс мінералів, що містить 35–37 % гранату і 20 % чорних рудних мінералів, для нього також характерний підвищений вміст лейкоксену (від 14 до 17 %).

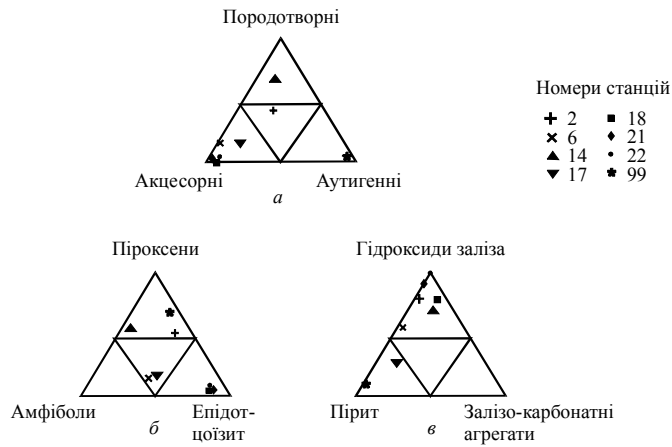


Рис. 4. Мінералогічна характеристика важкої фракції донних відкладів:
 а – співвідношення породотворних, аксесорних і аутигенних мінералів;
 б – співвідношення породотворних мінералів; в – співвідношення аутигенних мінералів.

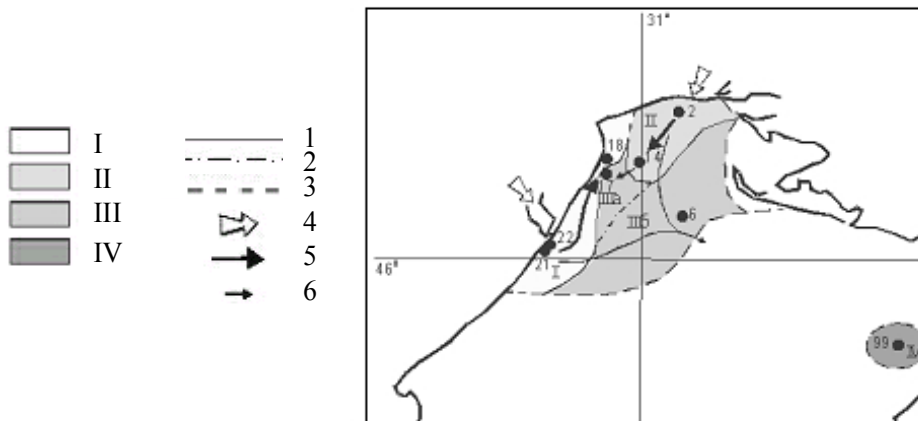


Рис. 5. Схема розміщення мінеральних комплексів важкої фракції в донних відкладах.

Мінеральні комплекси: *I* – чорнорудно-гранатовий з лейкоксом; *II* – чорнорудно-епідот-піроксеновий з гідроксидами заліза; *III* – гранат-чорнорудний з епідотом (*a*), з гідроксидами заліза (*б*); *IV* – чорнорудний з піритом. Межі: *1* – комплексів; *2* – підкомплексів; *3* – допустимі. Напрямок зносу: *4* – головний; *5* – розподілений течіями; *6* – розміщення по схилу.

На півночі району виділяється чорнорудно-епідот-піроксеновий комплекс мінералів, у якому піроксени становлять 23–56 %, епідот – 5–15 %, чорні рудні мінерали – 10–17 %, гідроксида заліза – 10–15 %.

У центральній частині вивченої території поширений гранат-чорнорудний комплекс, причому на північному заході з переважанням епідоту, а в східній частині – гідроксидів заліза.

На сході акваторії виділено чорнорудний комплекс з переважною кількістю пі-

риту (73 %).

Отже, на півночі й сході вивченого району поширені переважно пеліти, на заході – алеврити; на сході території виділено самостійну провінцію осадо накопичення. Умови седиментації для утворення цих осадів були, головню, лагунно-дельтові й басейнові з великим надходженням із півночі й заходу недиференційованого зваженого тонкодисперсного матеріалу. На підставі трьох груп мінералів важкої фракції визначено особливості зон зносу і мінералогічні комплекси: чорнорудно-гранатовий з лейкоксенном, чорнорудно-епідот-піроксеновий з гідроксидами заліза, гранат-чорнорудний з епідотом, гранат-чорнорудний з гідроксидами заліза, чорнорудний з піритом.

1. *Айбулатов Н.А., Аксенов А.А., Невесский Е.Н.* Экспериментальные исследования динамики тяжелых минералов // *Механическая дифференциация твердого вещества на континенте и шельфе: Тр. Ин-та океанологии АН СССР. М., 1978. С. 79–90.*
2. *Андреева И.А., Лапина Н.Н.* Методика гранулометрического анализа донных осадков Мирового океана и геологическая интерпретация результатов лабораторного изучения вещественного состава осадков. СПб., 1998.
3. *Бутузова Г.Ю.* К минералогии осадков Черного моря // *Литология и полезные ископаемые. 1971. № 4. С. 46–54.*
4. *Гуревич В.И.* Прикладная седиментология и геоэкология. Л., 1990.
5. *Лебедь Н.И., Резник В.П., Мудров И.А.* и др. О новом типе россыпной минерализации на шельфе Черного моря // *Геол. журн. 1994. № 3. С. 121–126.*
6. *Невесский Е.Н., Щербаков Ф.А.* Изучение процессов концентрации тяжелых минералов в связи с поисками прибрежных морских россыпей // *Докл. АН СССР. 1958. Т. 123. № 1. С. 152–155.*
7. *Новикова З.Т.* Распределение терригенных компонентов в поверхностном слое донных осадков северо-западного района Черного моря // *Литодинамика, литология и геоморфология шельфа. М., 1976. С. 240–235.*
8. *Пазюк Л.И., Ищенко Л.В., Рычковская Н.И.* Закономерности распределения тяжелых минералов терригенных отложений по простиранию прибрежной зоны северо-западной части Черного моря // *Минералогия осадочных образований. 1977. Вып. 4. С. 58–74.*
9. *Петелин В.П.* Гранулометрический анализ морских донных осадков. М., 1967.
10. *Рожков Г.Ф.* Дифференциация обломочного материала и гранулометрическая диаграмма асимметрия–эксцесс по косвенному счету зерен // *Механика дифференциации твердого вещества на континенте и шельфе. М., 1978. С. 97–117.*
11. *Романовский С.И.* Физическая седиментология. Л., 1988.
12. *Торопов Н.А., Булак Л.Н.* Лабораторный практикум по минералогии. М., 1969.
13. *Фролов В.Т.* Генетическая типизация морских отложений. М., 1984.
14. *Шнюков Е.Ф., Иноземцев Ю.И., Усенко В.П.* и др. Распределение тяжелых минералов в осадках Днепро-Бугского лимана // *Осадочные породы и руды. К., 1978. С. 32–41.*

**LITHOLOGY-MINERALOGICAL COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS
IN THE NORTHERN PART OF THE BLACK SEA UKRAINIAN SHELF**

**O. Mozhyna¹, O. Storchak¹, V. Nikulin¹,
B. Vanshtejn², I. Andreeva²**

¹ *I.I. Mechnikov National University of Odesa
Dvoryans'ka St. 2, UA – 65026 Odesa, Ukraine
E-mail: vlnik@ukr.net*

² *“VNIOkeangeologia”
Anglijs'kyi Av. 1, RU – 190121 St. Petersburg, Russia
E-mail: van@vniio.nw.ru*

Granulometric and mineralogical investigations of bottom sediments of the northern part of the Black Sea Ukrainian shelf have been carried out. Pelitic and aleuritic varieties prevail in deposits. Heavy fraction outcrop changes from 0.54 to 0.12 %. Such complexes have been distinguished in the sediments: black-ore-garnet with leucoxene, black ore-epidote-pyroxene with iron hydroxides, garnet-black-ore with epidote or with iron hydroxides, black-ore with pyrite. Character of these complexes distribution on the investigated territory has been discovered.

Key words: mineralogy, gradation, bottom sediments, novochornomors'kyi age, Black Sea, Ukraine.

Стаття надійшла до редколегії 22.09.2004

Прийнята до друку 15.11.2004