

<https://doi.org/10.15407/gpimo2024.02.062>

В.А. Нестеровський¹, д-р геол. наук, проф.

e-mail: v.nesterovskii@ukr.net

ORCID 0000-0002-7065-8962

М.А. Деяк², канд. геол. наук, ст. наук. співроб.

e-mail: nayk@ukr.net

ORCID 0000-0002-9330-2766

Н.О. Грищенко², канд. геол. наук, мол. наук. співроб.

E-mail: tno25@ukr.net

ORCID 0009-0008-5287-8065

¹ КНУ імені Тараса Шевченка

03022, Київ, вул. Васильківська, 90

² ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України»

01054, Київ, вул. Олеся Гончара, 55 б

МІКРОСФЕРУЛИ В СУЧАСНИХ ПЛЯЖЕВИХ ВІДКЛАДАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

В статті представлені результати досліджень мікросферул з пляжєвих відкладів північно-західної частини Чорного моря. Мікросферули поширені у фракціях менше 0,5 мм, мають кулясту форму і різноманітний хімічний склад. Серед них виділені переважно залістисті, магній-кальцій-марганцеві, силікатні та полікомпонентні. На думку авторів мікросферули мають техногенне походження.

Ключові слова: мікросферули, пляжєві відклади, хімічний склад, техногенне походження, Чорне море.

Вступ

Мікросферули в пляжєвих відкладах північно-західної частини Чорного моря були встановлені при літологічних дослідженнях цієї території в період 2019—2022 рр. [8, 9].

Агрегати зафіксовані в багатьох пробах уздовж усього узбережжя — починаючи від гирла Дунаю до м. Очаків. Їх концентрація та розмірність на різних ділянках спостереження дещо відрізняється, але в більшості вони концентруються у фракціях менше 0,5 мм, а помітне зростання їх кількості фіксується у напрямку від Дунаю до Дніпровсько-Бузького лиману.

Мікросферули являють собою мінеральні агрегати кулястої форми різного кольору (чорні, бурі, сірі) та прозорості (прозорі, напівпрозорі, непрозорі) з

Цитування: Нестеровський В.А., Деяк М.А., Грищенко Н.О. Мікросферули в сучасних пляжєвих відкладах північно-західної частини Чорного моря. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2024. 20, № 2: 62—69. <https://doi.org/10.15407/gpimo2024.02.062>

гладкою або шорсткою поверхнею, пустотілі або повнотілі, в більшості проявляють магнітні властивості.

Дослідження речовинного складу, генезису, місць концентрації мікросферул має важливе значення для вирішення екологічних і літологічних проблем, оскільки дані утворення для природних пляжевих відкладів є не характерними.

Аналіз попередніх досліджень та постановка завдань

Сферули (мікро- та нано-) раніше були встановлені та описані в різногенетичних та різновікових породних комплексах — кімберлітах, вибухових брекчіях, імпактітах, метеоритах, гідротермальних жилах, вулканогенно-осадових утвореннях, нафто-газових колекторах та ін. [6, 10, 12]. В сучасних басейнах седиментації на території України подібні агрегатні утворення виявлені в донних осадах річок Дніпро [2, 4, 7, 13], Інгулець [1—4], Дністер [12], в ґрунтах передмістя Маріуполя та узбережної зони Азовського моря [5, 11].

Нашими дослідженнями акцентується увага на вивченні характеру розподілу мікросферул уздовж усього профілю пляжевих відкладів північно-західної частини Чорного моря, визначення їх хімічного складу та генезису.

Методи та методика дослідження

Мікросферули відбирались з літологічних проб пляжевих відкладів уздовж берегової лінії від гирла Дунаю до Дніпровсько-Бузького лиману. Всього було досліджено понад 100 проб з первинною масою кожної 1000 г. Проби відбиралися за єдиною методикою: на присхилових пляжах — з середньої частини, на пересипах — на відстані 5—7 м від урізу води з глибини 30—40 см. В подальшому проби квартувалися до маси 500 г, на яких проводився ситовий аналіз. Отримані фракції були розділені у важких рідинах, поділені за магнітними властивостями, а далі досліджувалися під бінокуляром, поляризаційним, електронним та мікроскопом.

Виклад основного матеріалу та його аналіз

До мікросферул в більшості відносяться кулькоподібні агрегати різного складу і будови розміром менше 0,5 мм. Зовнішньо вони мають гладку, шорстку інколи горбкувату поверхню, можуть бути пустотілими або повнотілими, мати концентрично-зональну або радіально-променисту будову. Зустрічаються прозорі, напівпрозорі та непрозорі мікросферули. В літературі описані також гантелеподібні, грушеподібні та гронаподібні мікросферули [12]. В досліджених нами пробах були виявлені мікросферули тільки кулястої та грушеподібної форм.

Нашими дослідженнями мікросферули встановлені у 60 % вивчених проб, що охоплюють сегмент узбережжя довжиною біля 200 км. Точки, в яких було встановлено мікросферули показані на рис. 1.

Розмірність мікросферул не перевищує 0,5 мм, але в більшості серед них переважають агрегати 0,25—0,1 мм. Всі мікросферули мають ту чи іншу магнітність, більшість з них за густиною потрапила до важких фракцій.

Розподіл мікросферул в пляжевих відкладах на різних сегментах узбережної зони дещо відрізняється. Мінімальна їх кількість (одиничні екземпляри)

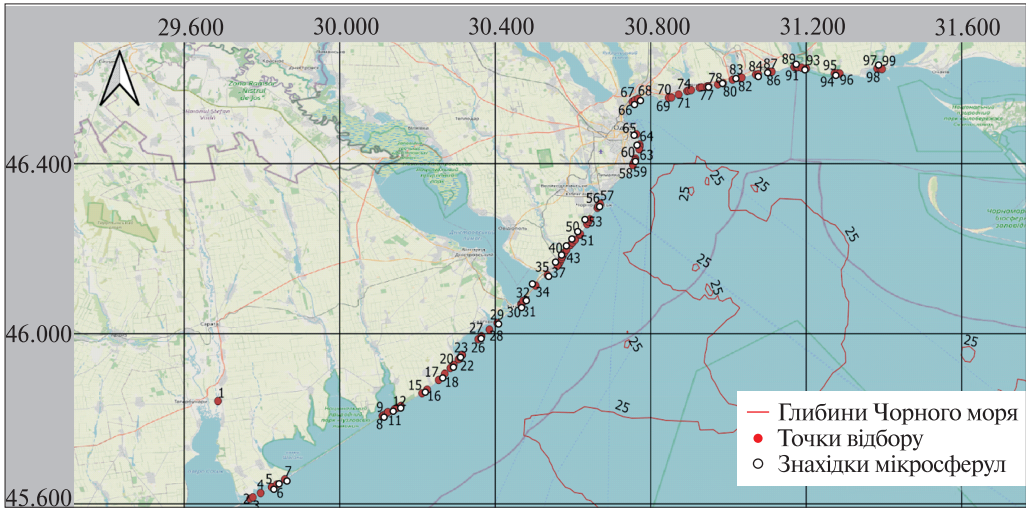


Рис. 1. Схема відбору проб пляжевих відкладів та точки знахідок мікросферул

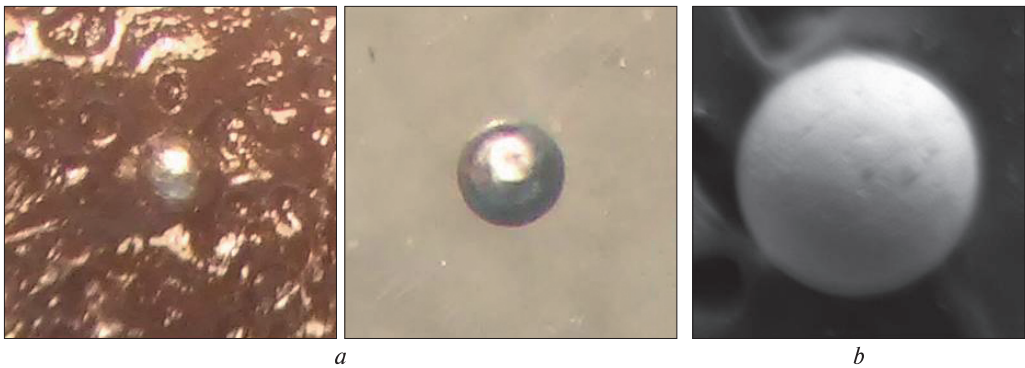


Рис. 2. Загальний вигляд переважно залістистих мікросферул: *a* — під бінокулярном; *б* — під електронним мікроскопом

Таблиця 1. Хімічний склад залізних мікросферул, %

№ зразка	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	FeO	Сума
26_2	0,44	0,26	1,58	—	97,73	100
28	—	0,61	1,75	1,32	96,32	100

зустрічаються в пробах біля Дунайського узбережжя. Далі, в бік Дністра, їх кількість збільшується до декількох екземплярів, а ближче до м. Чорноморськ та Одеси їх кількість зростає до 1% по відношенню до важкої фракції. Після м. Одеса в бік Дніпровсько-Бузького лиману їх кількість різко зменшується (ділянка Крижанівка (Одеська обл.) — Коблево (Миколаївська обл.)), а далі їх кількість знову збільшується до м. Очаків.

Що стосується морфологічних різновидів, то найбільша кількість мікросферул належить агрегатам кулястої форми з блискучою гладкою поверхнею. Мікросферули грушеподібної форми зустрінуті в пробах з пляжевих відкладів біля Чорноморська та Одеси. Характерною особливістю мікросферул з цих

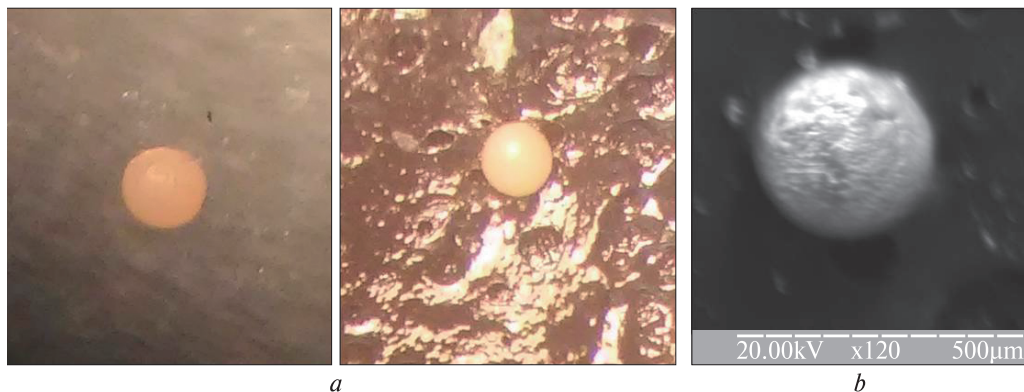


Рис. 3. Магній-кальцій-марганцеві мікросферули: а — під бінокулярном; б — під електронним мікроскопом

Таблиця 2. Хімічний склад магній-кальцій-марганцевих мікросферул, %

№ зразка	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	MnO	FeO	CaO	K ₂ O	Cu ₂ O	ZnO	Сума
29	0,76	4,85	1,84	4,52	0,24	74,55	1,08	12,16	—	—	—	100
29_1	0,1	0,37	0,82	1,94	—	76,31	1,46	9,47	0,34	4,12	2,72	100

відкладів є також відсутність у них в більшості випадків гладкої блискучої поверхні. Тут поширені агрегати з шорсткою горбистою поверхнею та часто вони є пустотілими.

За кольором серед досліджених мікросферул встановлені: чорні, сірі, коричневі, білі. Найбільш поширеними є чорні. Майже всі вони мають ідеальну сферичну форму, блискучу гладку поверхню. Найменш поширені — білі. Серед них зустрічаються прозорі з гладкою поверхнею та напівпрозорі чи навіть непрозорі з шорсткою поверхнею.

Всі дослідженні мікросферули за хімічним складом можна умовно поділити на 4 групи: а) переважно залізисті, в яких основним компонентом є залізо; б) магній-кальцій-марганцеві; в) силікатні; г) полікомпонентні.

Переважно залізисті мікросферули. Зустрічаються майже у всіх точках спостереження і є найбільш поширеними. Представлені чорними сферичними агрегатами з блискучою гладкою поверхнею (рис. 2). Крім заліза, в них встановлено магній, алюміній, силіцій, титан. Вміст цих компонентів наведено в табл. 1.

Приблизно такого ж складу мікросферули були встановлені в сучасних піщаних відкладах північно-західного узбережжя Азовського моря [11], донних відкладах р. Дніпро біля м. Запоріжжя [13] та р. Інгулець біля м. Кривий Ріг [2, 3] та знайдені в сучасних ґрунтах околиць м. Маріуполь [5].

Магній-кальцій-марганцеві мікросферули. Їх поодинокі знахідки в пляжевих відкладах вставлені на ділянці узбережної зони між річками Дунай та Дністер. Декілька мікросферул також виявлено на ділянці узбережжя Чорноморськ — Одеса. Ці мікросферули мають переважно білий з різними відтінками колір, гладку, рідше шорстку поверхню (рис. 3). Крім головних (Mg-Ca-Mn) компонентів в них фіксуються в різних кількостях такі елементи, як: Na, Al, Si, Ti, Fe, K, Cu, Zn (табл.2).

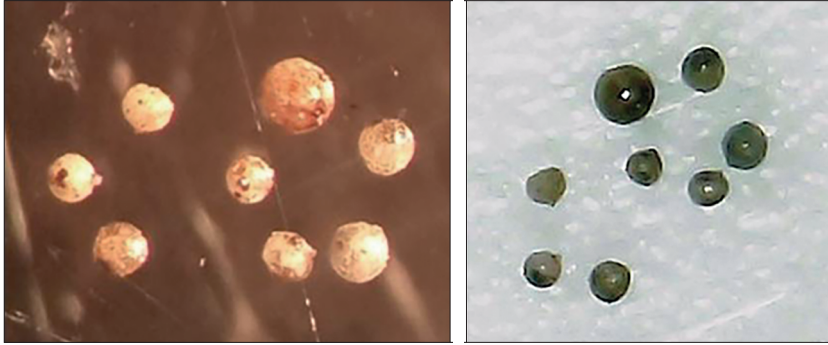


Рис. 4. Загальний вигляд силікатних мікросферул під бінокулярном

Таблиця 3. Хімічний склад силікатних мікросферул, %

№ зразка	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	MgO	MnO	Сума
1	—	15,75	38,39	2,21	1,23	0,71	26,79	—	—	85,07
2	0,26	5,24	69,83	1,40	0,60	0,33	5,26	—	—	82,92
3	—	20,13	46,41	2,82	3,41	0,51	11,17	—	—	84,45
4	—	50,46	39,85	1,94	0,78	0,65	2,32	—	—	95,99
5	—	21,60	43,46	2,81	6,11	0,64	3,64	—	—	78,26
6	—	23,09	49,75	3,83	2,25	1,13	3,07	—	—	83,13
7	0,92	13,63	62,05	5,23	0,81	0,56	1,36	—	—	84,56
8	—	24,02	44,60	3,72	3,63	0,83	5,50	—	—	82,31
9	—	25,39	49,62	4,01	0,12	0,98	3,49	—	0,16	83,77
10	6,66	18,86	53,24	0,14	2,65	0,22	0,52	—	—	82,27
11	—	15,61	58,15	5,41	1,32	0,44	4,59	—	—	85,52
12	—	23,51	59,09	4,81	0,18	1,09	3,03	—	—	91,70
18	0,40	21,93	45,91	3,43	5,57	0,00	0,65	1,62	—	79,52
19	—	24,65	45,76	4,80	0,66	0,47	3,43	1,01	—	80,77
20	—	15,54	27,29	0,40	18,27	0,66	6,13	1,02	—	69,31
21	—	12,96	53,11	1,68	6,60	1,24	9,30	3,34	—	88,24
22	—	23,59	44,17	3,87	0,83	1,18	5,37	2,00	—	81,00

Таблиця 4. Хімічний склад полікомпонентних мікросферул, %

№ зразка	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	MnO	FeO	CaO	Cu ₂ O	ZnO	Сума
26_1	1,76	0,4	0,33	0,56	2,56	3,11	83,31	0,57	4,29	3,12	100

Мікросферули такого складу в сучасних відкладах Азово-Чорноморського регіону в публікаціях не описані.

Силікатні мікросферули. Найбільше розповсюдження мають в пляжевих відкладах Чорноморсько-Одеської агломерації. В бік Дністра та Дунаю їх кількість суттєво зменшується і в гирлі Дунаю вони не фіксуються. Їх концентрація також різко зменшується в пляжевих відкладах на схід від Одеси у бік Дніпровсько-Бузького лиману.

Силікатні мікросферули мають сірий, коричневий, білий кольори, часто є прозорими з шорсткою та гладкою блискучими поверхнями (рис. 4).

В цих мікросферулах постійними компонентами є: Al, Si, K, Ca, Ti, Fe. В окремих агрегатах (їх меншість) додаються Na, Mg, Mn (табл. 3).

Раніше мікросферули такого складу були встановлені в донних осадах р. Дніпро біля м. Запоріжжя та м. Українка, та в осадах р. Інгулець біля м. Кривий Ріг [3, 5]. Подібні мікросферули також описані в сучасних ґрунтах з околиць м. Маріуполь.

Полікомпонентні мікросферули. Являють собою сплави заліза з міддю, цинком, марганцем і титаном, основним компонентом в яких є залізо (табл. 4). Крім цього в них в невеликих кількостях присутні такі елементи як: Na, Mg, Al, Si. Зовнішньо вони подібні до залістих мікросферул і візуально від них не відрізняються.

Мікросферули з таким складом зафіксовані вперше. Можливо це пов'язано з їх подібністю до залістих.

Висновки

Мікросферули в пляжевих відкладах зустрічаються в пробах на всіх ділянках північно-західного узбережжя Чорного моря. Їх розмірність та концентрації змінюються в різних співвідношеннях. Найбільша кількість належить мікросферулам переважно залістого складу, найменша — магній-кальцій-марганцевим.

Загальною тенденцією є кількісне зменшення всіх типів мікросферул у напрямку від Одеси до гирла Дунаю та майже повна відсутність на ділянці від Одеси до Коблева.

Виходячи з цього, основним джерелом надходження мікросферул до пляжевих відкладів є ділянка узбережжя від Чорноморська до Одеси та порту Південний.

Всі знайдені мікросферули складені певною асоціацією хімічних елементів, які не є характерними для мікросферул природного походження (мікролітів, комків, згустків, метеоритних сфероподібних утворень тощо). На нашу думку вони є побічними продуктами процесів, пов'язаних з виплавою та переробкою рудної маси, горінням та шлакоутворенням. До навколишнього середовища мікросферули потрапляють у вигляді твердих та аерозольних компонентів.

Частина мікросферул, що потрапляє до навколишнього середовища накопичується також і в пляжевих відкладах узбережної зони. Проте тут концентруються сферули, розміри яких відповідають основній фракції пляжевих відкладів і знаходяться в рівновазі з гідродинамічними процесами прибережної смуги. Мікросферули з розміром менше ніж основна фракція пляжевих відкладів (менше 0,1 мм) хвилями постійно вимиваються з них і відносяться до більш глибоких ділянок моря. Там вони концентруються в алевро-пелітових мулистих осадах. Тому слід очікувати, що загальне надходження техногенних мікросферул до шельфової зони у межах зазначених ділянок Чорного моря є значно більшим.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Альохіна Т.М. Магнітні властивості донних осадків як критерій оцінки техногенного впливу на гідроекосистеми. *Питання біоіндикації та екології*. 2017. Вип. 22, № 1. С. 110—127.
2. Довгий С.О., Іванченко В.В., Коржнев М.М., Трофимчук О.М., Яковлев Є.О. та ін. Дослідження екологічного стану територій пост-майнінгу в Україні на прикладі Криворізького басейну та його оточення. Київ: Ніка-Центр, 2021. 196 с.
3. Іванченко В.В., Ємельянов В.О., Іванченко А.В., Беліцька М.В. Вплив аутигенних мінеральних агрегатів і скупчень на процеси природного і техногенного седиментогенезу. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2022. 18, № 3. С. 16—26. <https://doi.org/10.15407/grimo2022.03.016>
4. Іванченко В., Квітка А. Мікросфероліти аутигенних марказиту і піриту у донному осаді річок України. *Мінералогічний збірник*. 2012. № 62. С. 279 — 283.
5. Кармазиненко С.П., Кураєва І.В., Самчук А.І., Войтюк Ю.Ю., Манічев В.Й. Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь (еколого-геохімічні аспекти). Київ: Інтерсервіс, 2014. 168 с.
6. Лукин А.Е. Минеральные сферулы — индикаторы специфического флюидного режима рудообразования и нефтидогенеза. *Геофизический журнал*. 2013. № 6 (35). С. 10—53.
7. Наседкін Є., Іванова Г., Стадніченко С., Андреев О., Морозенко В. Щодо антропогенної складової речовини атмосферного аерозолу м. Запоріжжя. *Вісник КНУ. Геологія*. 2019. 1 (84). С. 63—69.
8. Нестеровський В.А., Деяк М.А., Тарновецький А.К. Літолого-мінералогічний склад акумулятивно-пляжних відкладів Дунайсько-Дністровського сегменту Чорного моря. *Вісник КНУ. Геологія*. 2022. 2 (97). С. 5—13. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.97.01>
9. Нестеровський В.А., Деяк М.А., Тарновецький А.К. Літолого-мінералогічний склад акумулятивно-пляжних відкладів Дністровсько-Дніпровського сегменту Чорного моря. *Вісник КНУ. Геологія*. 2023. 4 (103). С. 55 — 65. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.103.07>
10. Шкуренко К.О., Семененко В.П. Мінеральні глобули та їх знахідки у природі. *Геологічна будова та корисні копалини України*. Матеріали всеукраїнської наук. конф. Київ, 2022. С. 237—239.
11. Шнюков Е.Ф., Скворцов В.В., Пермьяков В.В. К минералогии темных песков северо-западного побережья Азовского моря. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2019. 15, № 2. С. 67—80.
12. Яценко І. Г. Силікатно-металеві сферули експлозивно-осадових алмазоносних формацій України (генетичні та прогнозно-розшукові аспекти): автореф. дис. ... канд. геол. Наук. Львів, 2016. 28 с.
13. Nasedkin Ye.I., Olshtynska O.P., Permyakov V.V., Dovbysh S.M., Ivanova G.M., Mytrofanova O.A., Fedoseenkov S.G. Features of the formation, intake and distribution of the iron-containing component in the water suspension of the Dnieper River within Zaporizhzhia city. *Геологічний журнал*. 2023. № 4. С. 50—60. doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.4.277352

Стаття надійшла 22.10.2024

*V.A. Nesterovsky*¹, Dr. Sci. (Geol.), Professor

e-mail: v.nesterovski@ukr.net

ORCID 0000-0002-7065-8962

*M.A. Deiak*², PhD (Geol.), Senior Researcher

E-mail: nayk@ukr.net

ORCID 0000-0002-9330-2766

*N.O. Hryshchanka*², PhD (Geol.), Junior Researcher

e-mail: tno25@ukr.net

ORCID 0009-0008-5287-8065

¹ Taras Shevchenko University of Kyiv

90, Vasylykivska str., Kyiv, Ukraine, 03022

² MorGeoEcoCenter NAS of Ukraine

55b, Oles Honchar str., Kyiv, Ukraine, 01054

MICROSPHERULES IN MODERN BEACH SEDIMENTS OF THE NORTH-WESTERN PART OF THE BLACK SEA

The article presents the results of studies of microspherules from beach sediments of the north-western part of the Black Sea. Microspherules are common in fractions less than 0.5 mm, have a spherical shape and a different chemical composition. They are mainly ferrous, magnesium-calcium-manganese, silicate and polycomponent. According to the authors, microspherules are of technogenic origin.

Keywords: microspherules, beach deposits, chemical composition, technogenic origin, Black Sea.