

УДК 504.05:550.424

Г.О. КРАВЧУК¹, канд. геол. наук, О. П. КРАВЧУК¹, канд. геол.-мін. наук,
Г. Г. ЗОЛОТОРЬОВ², М. Г. ЗОЛОТОРЬОВ²

¹Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна
aokravchuk@gmail.com

²Український науковий центр екології моря (УкрНЦЕМ)
Французький бульвар, 89, Одеса, 65009, Україна
georg.zolotarev@gmail.com

ВПЛИВ КАДМІЮ НА БЕНТОСНІ ФОРАМІНІФЕРИ ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ (РАЙОН ДЕЛЬТИ ДУНАЮ)

Мета. Аналіз впливу значного вмісту кадмію на бентосні форамініфери шельфу Чорного моря (район дельти Дунаю). **Методи.** Польові, аналітичні, мікропалеонтологічні, літолого-геохімічні, морфологічні, біомінералогічні, математична обробка результатів. **Результати.** Проведені спостереження підтверджують можливість диференційованої оцінки забруднення важкими металами на прикладі кадмію шельфової області Чорного моря. Ареали забруднення відрізняються зниженням видової розмаїтості форамініфер в порівнянні з незабрудненими районами. Форамініфери у відкладах із високим вмістом кадмію відрізняються пригнобленими формами з численними виродливостями. **Висновки.** Значна концентрація кадмію особливо впливає на зустрічальність та появу морфологічних аномалій розвитку форамініфер.

Ключові слова: Чорне море, шельф, бентосні форамініфери, забруднення, кадмій

Kravchuk A. O.¹, Kravchuk O. P.¹, Zolotarev G. G.², Zolotarev M. G.²

¹Odessa National I.I.Mechnikov University

²Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea (UkrSCES)

CADMIUM INFLUENCE ON BENTHIC FORAMINIFERA OF THE BLACK SEA SHELF (DANUBE DELTA REGION)

The work is devoted to application of the benthic foraminifera for an evaluation of an geocological situation on a northwest shelf of the Black Sea. The awake role of organisms with carbonaceous function is marked during biological absorption of toxic bonds. The attributes of stressful situations on population and organismic level include a degree of a surviving of species and morphological changes of the foraminifera. These parameters applied for abjection of geographic ranges of a toxic stimulation, development and anomalous morphology of organisms. **Purpose.** The aim of this work is to analyze the effect of significant cadmium content on benthic foraminifers of the Black Sea shelf (Danube Delta region). **Methods.** Field studies provided for the selection, documentation and preparation of analytical samples. Micro-paleontological and lithologic-geochemical studies of bottom sediments were carried out in accordance with accepted methods. The method for studying foraminifera includes the following operations: sampling, separation, preservation and preparation for analysis, taxonomic identification, morphological analysis, biomineralogical studies and mathematical processing of results. **Results.** The conducted observations confirm the possibility of differentiated assessment of heavy metal contamination by the example of cadmium in the shelf Black Sea. Areas of pollution are characterized by a decrease in the species diversity of foraminifera compared to uncontaminated areas. In sediments with a high content of cadmium, foraminifera are characterized by depressed forms with numerous deformities. **Conclusions.** A significant concentration of cadmium strongly affects the occurrence of foraminifera and the appearance of morphological anomalies in their shells.

Key words: the Black Sea, shelf, benthic foraminifera, pollution, bioindication

Кравчук А. О.¹, Кравчук О. П.¹, Золоторев Г. Г.², Золоторев М. Г.²

¹Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

²Український науковий центр екології моря (УкрНЦЕМ)

ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ НА БЕНТОСНЫЕ ФОРАМИНИФЕРЫ ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ (РАЙОН ДЕЛЬТЫ ДУНАЯ)

Цель. Анализ влияния значительного содержания кадмия на бентосные фораминиферы шельфа Черного моря (район дельты Дуная). **Методы.** Полевые, микро-палеонтологические, литолого-геохимические, морфологические, биоминералогические, математическая обработка результатов. **Результаты.** Проведенные наблюдения подтверждают возможность дифференцированной оценки загрязнения тяжелыми металами на

примере кадмія шельфової області Чорного моря. Ареали забруднення отримують зниженням видового різноманіття форамініфер по порівнянню з незабрудненими районами. Форамініфери в відкладах з високим вмістом кадмія відрізняються від забруднених формами з багаточисельними уродствами. **Висновки.** Значительна концентрація кадмія сильно впливає на зустрічальність форамініфер і появу морфологічних аномалій в їх раковинах.

Ключові слова: Чорне море, шельф, бентосні форамініфери, забруднення, кадмій

Вступ

Бентосні форамініфери є одним із найбільш чутливих індикаторів екологічних порушень в різноманітних районах Світового океану. В безпосередній близькості від джерел забруднення в серйозних випадках виділяються абіотичні зони або області з різким зниженням зустрічальності форамініфер та наявністю морфологічних аномалій в їх черепашках [6,15]. Загальний висновок більшості досліджень відзначають наявність негативної кореляції концентрацій важких металів у відкладах із кількістю і видовою різноманітністю форамініфер, а також позитивної кореляції між вмістом важких металів і зустрічальністю "спотворених" організмів. Неодноразово відзначалось, що наявність у відкладах насамперед кадмію супроводжується зниженням кількості форамініфер і відрізняються пригнобленими формами з чисельними вродливостями. Тому мета досліджень полягає в зіставленні зниження кількості форамініфер, враховуючи черепашки з аномальним розвитком, із збільшенням концентрацій кадмію в відкладах району дельти Дунаю.

Широкий діапазон змін у співтовариствах форамініфер при участі різноманітних джерел забруднення охарактеризований в загальноюючих роботах Дж.В.Мюрера [12]; Е.Алве [6]; В.В. Янко, Дж. Кронфелда, А.Флексер [15]. Більшість сучасних публікацій присвячена впливу промислових і побутових стічних вод, збагачених органічними відходами. В меншому ступені вивчений вплив фізичних полів і наслідки хімічного забруднення морського середовища важкими металами, нафтовими вуглеводнями, отрутохімікатами [3-5,15].

Використання бентосних форамініфер в якості маркерів забруднення морського середовища запропоноване Дж.М. Ресігом [13] і Дж.Г. Воткінсом [14]. Вплив токсичних ефектів на розподіл форамініфер відзначав також Е.Р.Залесні [16] для району Санта-Моніка Бей у Каліфорнії.

Р.К.Банержи [7] порівнює розподіл форамініфер і важких металів (Cd, Co, Cr, Cu,

Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) у донних відкладах. Відзначено, що збільшення концентрацій Cd, Co, Pb супроводжується зниженням зустрічальності насамперед для *Ammonia* і *Elphidium*, які відрізняються чисельними вродливостями.

Коціоні Р. із співавторами [9] вивчали розподіл живих і мертвих бентосних форамініфер п'ятнадцятих ділянок лагуни Гора в Італії та визначали концентрації таких елементів, як V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Pb, Th, Cd та також виявили зв'язок негативного впливу Cd на бентосні організми.

Геоекологічне картування було проведено В.В.Янко на полігонах біля узбережжя східного Середземномор'я. Вивчена залежність реакцій бентосних форамініфер від вмісту важких металів (Cd, Cr, Cu, Zn, As, Co, Ni, Ti, V) у донних відкладах забрудненої затоки Хайфа і відносно чистого району Атліт (контрольна ділянка, що примикає до затоки). Встановлено, що зниження кількості і різноманітності форамініфер, пригноблення росту форм, розвиток аномальної морфології черепашок узгоджуються із забрудненням осаdkів важкими металами [8, 15].

Експерименти В.Бреслер і В.Янко [8, 9] підтверджують біологічний вплив важких металів на цитоплазму форамініфер. Кадмій перешкоджає накопиченню кальцію і може проникати через мітохондрії, порушуючи дихальні функції організму. Проте, чутливість до кадмію різноманітних видів, індивідів, і навіть тканин змінюється в широких межах.

Подібна тенденція відзначена при вивченні живих і мертвих бентосних форамініфер в прибережних районах Корнуола у Великобританії. Напівкількісний аналіз мікропроб показав підвищення концентрацій ряду важких металів, включаючи Cd, у цитоплазмі форамініфер при зміні морфології черепашок. Передбачається, що важкі метали, відповідальні за морфологічні порушення форамініфер, подані мобільними реакційно-спроможними сполуками [15].

Проведені спостереження шельфо-

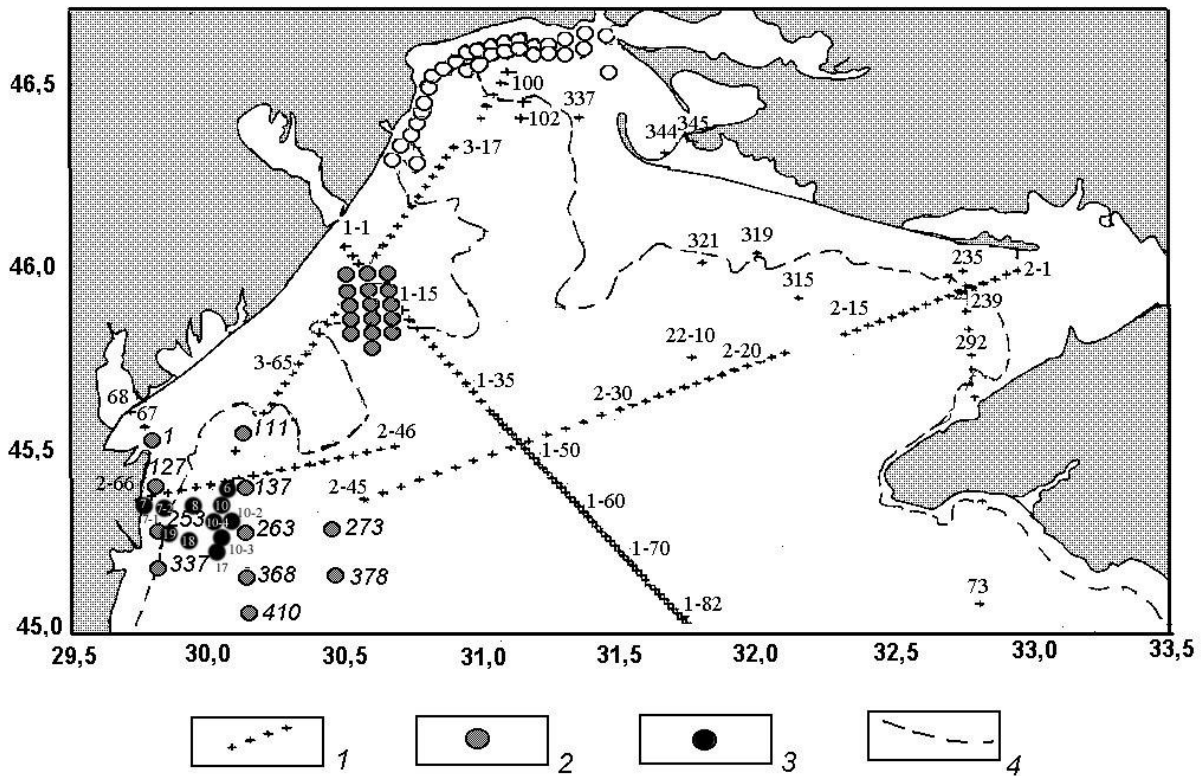
вої області Чорного моря за останні десятиріччя нашою групою дослідників ОНУ і УкрНЦЕМ також підтверджують можливість

диференційованої оцінки забруднення важкими металами на основі індикаторних видів [1-5].

Методика досліджень

Основний обсяг фактичного матеріалу отриманий у 1998-2016 роках під час експедиційних робіт на НДС «Аргон», НДС «Спрут», НДС «Орлік». Комплексні дослідження

рецентної мікрофауни, донних осадків і водяної товщі проведені в районі дельти Дунаю.



1 – Станції випробування з фондів Палеонтологічного музею ОНУ; 2 – Станції випробування на полігонах 981, 993 та 982-Дунай (рейс НДС «Аргон», НДС «Спрут»); 3 – Станції випробування 2016 року (рейс НДС «Орлік»); 4 – Контур прибережної зони шельфу на батиметричному рівні – 20 м.

Рис.1 – Схематична карта фактичного матеріалу для мікрофауністичних досліджень донних відкладів шельфу Чорного моря

Робоча схема польових досліджень передбачала відбір проб з поверхневого шару донних відкладів, візуальну ідентифікацію типу ґрунту, його літологічний склад, а також документацію і підготування аналітичних проб.

Відбір проб сучасних морських донних відкладів здійснюється за допомогою донного черпаку ДЧ-0.1 із площею захоплення 0,1 м². Зразки консервувалися в скляних або пластикових ємностях і групувалися по видах лабораторних досліджень. Проби води для гідрохімічних аналізів були відібрані скляними батометрами ємністю 6 літрів на двох горизонтах - біля поверхні моря й у придонному шарі. Зразки для форамініферового аналізу консервувалися в буферній суміші 4% розчину формаліну і 20 г/л Na₂V₄O₇.

Відібрані проби для визначення фракційного складу намилку зберігались у холодильній камері при температурі не вище 0°C. Гідрохімічні параметри вод (температура, солоність, рН, концентрація кисню) вивчені на борту судна по стандартних методиках [1, 2, 15]. Подальше літолого-геохімічне і мікропалеонтологічне вивчення донних відкладів проводилось з дотриманням стандартних методик.

Методика вивчення форамініфер включає такі операції: відбір зразків (1), сепарування, консервація і підготування до аналізу (2), виділення форамініфер (3), так-

сономічна ідентифікація (4), морфологічний аналіз (5), біомінералогічні дослідження (6) і математична обробка результатів (7).

Відділення живих форамініфер від сульфосильних і викопних форм у розмірних фракціях провадилося після промивання зразків на стандартному ситовому наборі. Розподіл форамініфер вивчався в 4 фракціях (0,063-0,125 мм; 0,125-0,25 мм; 0,25-0,5 мм і більш 0,5 мм). Максимальні кількості черепашок звичайно відзначаються у фракції 0.25-0.1 мм.

Результати досліджень

У наших попередніх дослідженнях було відзначено, що парагенетичні відношення хімічних елементів в геохімічній бар'єрній зоні Дунаю до початку літнього сезону ускладнені впливом тотального осадження продуктів річкового стоку [1-5]. Підвищена динамічність міграційних процесів наприкінці літнього сезону супроводжується оструктуруванням геохімічних асоціацій в донних осадах, але концентрування кадмію з іншими компонентами осадків має обмежений зв'язок. Відособлене положення кадмію в речовині осадків зберігається незалежно від часу спостережень. В процесі літньої активізації геохімічних процесів відзначається посилення зв'язку кадмію з органічною речовиною, що свідчить про можливість біологічного поглинання цього елемента. Особливості поведінки кадмію пояснюються умовами його міграції з переважанням реакційно-спроможних форм.

У воді Дунаю в розчиненому стані знаходиться до 50-60% кадмію [4]. Донні відклади шельфу біля дельти Дунаю містять кислоторозчинні форми кадмію (витяжка 0,1 н HNO_3), що складають від 25 до 95% валових концентрацій. За нашими даними, кадмій звичайно накопичується в надкларкових кількостях у карбонатних осадах. Парагенетичний зв'язок кадмію із біогенними карбонатами найбільше помітний у межах Мідієвого поля біля дельти Дунаю [4, 5]. З цього випливає, що найбільше мобільні і токсичні форми кадмію, не пов'язані з річковою суспензією, безперешкодно проходять геохімічний бар'єрний контур "ріка-море" і піддаються активному біологічному поглинанню по всьому харчовому ланцюзі від фітопланктону до бентосних організмів-фільтраторів. Кінцевою ланкою міграції кадмію в морському середовищі служить його фіксація в карбонатній речовині осадків.

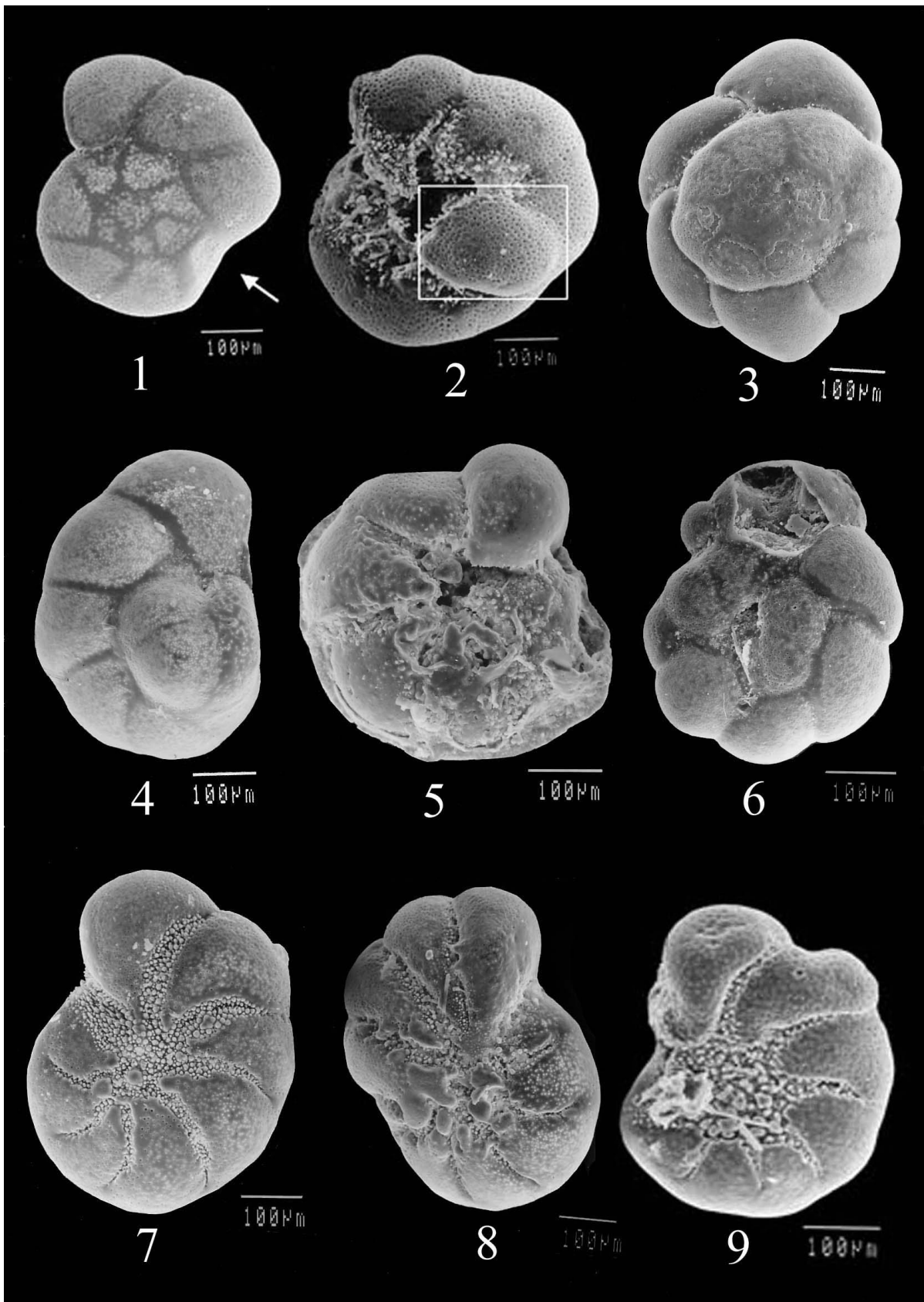
Для стратиграфічних і палеографічних досліджень достатньо вивчення форамініфер в піщаній фракції. При вирішенні таксономічних і екологічних задач рекомендується перегляд фракції крупного алевриту для виявлення ювенільних та пригноблених форм [2, 15].

Відбір живих особин провадиться вручну щіточкою під бінокляром. Живі (пофарбовані) і неживі (нефарбовані) особини підраховуються окремо. Зразки після перегляду оформляються в відповідну колекцію.

Зустрічальність бентосних форамініфер на шельфовій області залежить від довго-строкового впливу найбільше стійких параметрів середовища. В свою чергу, відсутність успадкованого формування структури бентосних співтовариств для рецентних форм відбиває ефекти короточасних порушень умов заселення.

В звичайних умовах організм реагує на вплив середовища за допомогою складної фізіологічної системи буферних гомеостатичних механізмів. Ці механізми підтримують оптимальне протікання процесів розвитку. Під впливом несприятливих умов вони можуть бути порушені, що призводить до аномалій. Зміни гомеостазу розвитку відбивають базові зміни функціонування живих істот і знаходять відображення в процесах, що протікають на різних рівнях, від молекулярного до організменого. Найбільше помітний вплив морського середовища на життєдіяльність форамініфер пов'язаний із зустрічальністю організмів, а також підвищення частоти морфологічних аномалій.

Зниження видової розмаїтості рецентних форамініфер в районі острову Зміїний характерне для переходу від зони пелітових мулів узмор'я Дунаю до донних відкладів Мідієвого поля (станції 98-111, 98-137 і 98-410, 7-8, 10-3, 10-4, 18). Зменшення виживання видів до граничного і небезпечного рівнів фіксується в межах субмеридіонального профілю, що відповідає фронтальній зміні геохімічного впливу Дунаю на бентосні співтовариства. Так при геоекологічних спостереженнях у серпні 2016 р. на станції 7-2 не було знайдено жодної форамініфери, а на станції 8 – кілька екземплярів *Ammonia tepida*. Значно зменшується зустрічальність на станціях



1-6 – *Ammonia tepida* (Cushman), 7,8 – *Haynesina anglica* (Murray), 9 – *Porosononion martcobi* Yanko.
Рис. 2 – Морфологічні аномалії розвитку в черепашках бентосних форамініфер

10, 10-3, 10-4. На станціях 7, 7-1, 6, 18, 19 спостерігається «карликовість» форм. Найбільш частіше зустрічаються види *Ammonia tepida* (Cushman), *Ammonia compacta* (Hofker), *Haynesina anglica* (Murray), *Porosonion martcobi* Yanko.

Мозаїчний розподіл морфологічних аномалій форамініфер в досліджуваному районі пов'язаний із нерівномірним і різноспрямованим надходженням дунайських вод. У віяловій системі рукавів Кілійської дельти переважають два головних напрямки стоку. Північно-східний стік розчинених речовин і суспензії проходить по Очаковському рукаві, але на узмор'ї напрямком потоку частково змінюється до півдня під впливом вітрів і течій.

Винос дунайських вод по Старо-Стамбульському рукаві має південно-східний напрямок. Ці особливості транспортування речовини в придельтовому районі є ймовірною причиною поділу ареалів ризику морфологічних змін організмів в північно-

західній (станції 98-127 і 98-111) і південно-східній (станції 98-263, 98-273, 98-368, 98-378 і 98-410) частинах полігону 982. На полігоні 2016 р. відокремлюється станція 10-2, яка характеризується максимальним вмістом кадмію (0,63 мг/кг) і найбільшою кількістю морфологічних аномалій черепашок форамініфер. На інших станціях морфологічні деформації черепашок також відповідають підвищенню концентрацій кадмію. Найчастіше виродливості зустрічаються у видів *Ammonia tepida* і *Haynesina anglica*. В першу чергу це тератоми (вздуття камер), які дуже добре видно на фото у *Ammonia tepida* (рис.2, фіг.2, 5) і *Haynesina anglica* (рис.2, фіг.7, 8). Зазвичай ще спостерігається наявність недорозвинених камер, як, наприклад, у *Ammonia tepida* на рис.2, фіг.1 і 6 та *Porosonion martcobi* на рис.2, фіг. 9, а також відхилення від нормального типу і розміру камер черепашок (рис.2, фіг.3, 4).

Висновки

За результатами досліджень дельти Дуная на протязі останніх 20 років на прикладі кадмію простежується тенденція до накопичення найбільше мобільних токсичних компонентів в карбонатних відкладах шельфу та фіксується значний вплив на організми із карбонатною функцією, а саме бентосні форамініфери. Значна концентрація кадмію особливо впливає на зустрічальність та появу морфологічних аномалій розвитку форамініфер.

До морфологічних змін найбільш схильні 2 види: *Ammonia tepida* (Cushman)

та *Haynesina anglica* (Murray). Переважним типом змін морфології форамініфер є наявність тератом («пухлин», викликаних вздуттям останніх камер), іноді недорозвинених камер. Отже, бентосні форамініфери, як організми із карбонатною функцією, належать до пріоритетних об'єктів вивчення екологічних порушень у морському середовищі та найбільшою мірою відповідають цілям виявлення короточасних подій, пов'язаних із сезонною мінливістю геохімічних оточень і техногенних аварій у шельфовій області.

Література

1. Кравчук Г.О. Вплив морського середовища на мінеральний склад бентосних форамініфер північно-західного шельфу Чорного моря. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2012, 1-2, 55-59.
2. Кравчук Г.О. Геоотоксикологічні дослідження морського середовища на основі аналізу морфологічних порушень бентосних форамініфер. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразін, Серія Екологія*.2013, 1054, 85-91.
3. Кравчук Г.О. Еколого-геохімічні аспекти сучасного осадконакопичення на шельфі Чорного моря. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2012, 3-4, 55-62.
4. Кравчук А.О. Бентосные фораминиферы как индикаторы загрязнения донных осадков в геохимическом контуре дельты Дуная. *Труды 2 Международного совещания «Геохимия биосферы»*, Новороссийск (Россия), 1999. С.152-155.
5. Кравчук О.П., Кравчук Г.О., Артем'єв О.В. Сезонні зміни геохімічних асоціацій мікроелементів в донних відкладах шельфу Чорного моря. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2014, 3-4, 56-63.
6. Alve E. Benthic foraminifera response to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 1995, 25, 190-203.
7. Banerji, R. K. Heavy metals and benthic foraminiferal distribution along Bombay coast, India. *Benthos'90, Sendai. Studies in Benthic Foraminifera*. Tokai University Press, 1992, 151-158
8. Bresler V., Yanko V. Chemical ecology: A new approach to study living benthic epiphytic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 1995, 25, (3), 267-279.
9. Bresler V., Yanko V. Factors influencing the acute toxicity of heavy metals in some Mediterranean benthic forami-

- nifera. *Env. Toxicology and Chemistry*, 1995, 14, 1687-1695.
10. Coccioni, R., Gabbianelli, G., Gentiloni Silverj, D., Fonti, P., Kaminski, M. A., Monechi, S. and Tateo, F. Benthic foraminiferal response to heavy metal pollution in the Goro Lagoon (Italy). *First Internat. Conf. Applications of Micropaleontology in Environmental Sciences*. Tel Aviv (Israel), 1997, 47-48.
 11. Kravchuk, A.O. Use of morphological abnormalities in benthic foraminifera in paleoenvironmental research. *Proceedings of the Second Plenary Conference. IGCP 610 Second Plenary Conference and Field Trip: "From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary"* (2013-2017), Baku (Azerbaijan), 12-20 October 2014. Editorial board of International Scientific Journal "Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins", Baku: "Nafta-Press", 2014, 73-75.
 12. Murray, J. Recent foraminifera from the North Sea (Forties and Ekofisk areas) and the continental shelf west of Scotland. *Journal of Micropaleontology*, 1985, 4, 117-125.
 13. Resig J.M. Foraminiferal ecology around ocean outfalls off southern California. *Waste Disposal in the Marine Environment*. London: Pergamon Press, 1960, 104 - 121.
 14. Watkins, J. G. Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewer outfall. *Micropaleontology*, 1961, 7, 199-206.
 15. Yanko V., Kronfeld A., Flexer A. The response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 1994, 24, 1 - 17.
 16. Zaiensny E.R. Foraminiferal ecology of Santa Monica Bay, California. *Micropaleontology*, 1959, 5 (1), 101-126.

References

1. Kravchuk, A. (2012). Influence of marine environment on mineral content of benthic foraminifera of the north-western shelf of the Black Sea. *Man and environment. Issues of Neoecology*. 1-2, 55-59. [In Ukrainian]
2. Kravchuk, A.O. (2013). Geotoxicological researches of the marine environment on the basis of the analysis of morphological violations in benthic foraminifera. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkov National University, series "Ecology"*, 1054, 85-91. [In Ukrainian]
3. Kravchuk, A. (2012). Ecological-geochemical aspects of modern sedimentation on the Black Sea shelf. *Man and environment. Issues of Neoecology*, 3-4, 55-62. [In Ukrainian]
4. Kravchuk, A. (1999). Benthic foraminifera as indicators of bottom sediment pollution in the geochemical contour of the Danube delta. *Proceedings of the Second The International Meeting "Geochemistry of the Biosphere"*, Novorossiysk (Russia), 152-155. [In Russian]
5. Kravchuk A., Kravchuk O., Artemiev A. (2014). Seasonal changes of chemical associations in the sediments on the shelf of the Black Sea. *Man and environment. Issues of Neoecology*, 3-4, 55-63. [In Ukrainian]
6. Alve E. (1995). Benthic foraminifera response to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 25, 190-203.
7. Banerji, R. K. (1992). Heavy metals and benthic foraminiferal distribution along Bombay coast, India. *Benthos'90, Sendai. Studies in Benthic Foraminifera*. Tokai University Press, 151-158.
8. Bresler V., Yanko V. (1995). Chemical ecology: A new approach to study living benthic epiphytic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 25, (3), 267-279.
9. Bresler V., Yanko V. (1995). Factors influencing the acute toxicity of heavy metals in some Mediterranean benthic foraminifera. *Env. Toxicology and Chemistry*, 14, 1687-1695.
10. Coccioni, R., Gabbianelli, G., Gentiloni Silverj, D., Fonti, P., Kaminski, M. A., Monechi, S. and Tateo, F. (1997) Benthic foraminiferal response to heavy metal pollution in the Goro Lagoon (Italy). *First Internat. Conf. Applications of Micropaleontology in Environmental Sciences*. Tel Aviv (Israel), 47-48.
11. Kravchuk, A.O. (2014). Use of morphological abnormalities in benthic foraminifera in paleoenvironmental research. *Proceedings of the Second Plenary Conference. IGCP 610 Second Plenary Conference and Field Trip: "From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary"* (2013-2017), Baku (Azerbaijan), 12-20 October 2014. Editorial board of International Scientific Journal "Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins". Baku: "Nafta-Press", 73-75.
12. Murray, J. (1985). Recent foraminifera from the North Sea (Forties and Ekofisk areas) and the continental shelf west of Scotland. *Journal of Micropaleontology*, 4, 117-125.
13. Resig J.M. (1960). Foraminiferal ecology around ocean outfalls off southern California. *Waste Disposal in the Marine Environment*. London: Pergamon Press, 104 - 121.
14. Watkins, J. G. (1961). Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewer outfall. *Micropaleontology*, 7, 199-206.
15. Yanko V., Kronfeld A., Flexer A. (1994). The response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 24, 1 - 17.
16. Zaiensny E.R. (1959). Foraminiferal ecology of Santa Monica Bay, California. *Micropaleontology*, 5 (1), 101-126.

Надійшла до редколегії 15.08.2017