

УДК 504.064.2(563.12:574.587):551.351

**Г. О. КРАВЧУК**, канд. геол. наук  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
вул. Дворянська, 2, м. Одеса, 65026,  
aokravchuk@gmail.com

## ВПЛИВ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА НА МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД БЕНТОСНИХ ФОРАМІНІФЕР ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ

Розглядаються мінералоутворюючі функції форамініфер для оцінки геоecологічної обстановки. Проаналізована рентгенометрична характеристика мінерального складу черепашок бентосних форамініфер шельфу Чорного моря. Виявлено, що аномальний розвиток біомінералізації під впливом морського середовища супроводжується морфологічними змінами та чітко просліджується в структурі стінок черепашок форамініфер.

**Ключові слова:** бентосні форамініфери, мінералогічний склад, дифракційний спектр

### **Кравчук А. О. ВЛИЯНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ НА МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ**

Рассматриваются минералообразующие функции фораминифер для оценки геоecологической обстановки. Проанализирована рентгенометрическая характеристика минерального состава раковин бентосных фораминифер шельфа Черного моря. Выявлено, что аномальное развитие биоминерализации сопровождается морфологическими изменениями и четко прослеживаются в структуре стенок раковин фораминифер.

**Ключевые слова:** бентосные фораминиферы, минеральный состав, дифракционный спектр

### **Kravchuk A. O. INFLUENCE OF THE MARINE ENVIRONMENT ON MINERAL STRUCTURE BENTHIC FORAMINIFERA OF THE NORTHWEST SHELF OF THE BLACK SEA**

There are devoted to application of the mineralogical function of the foraminifera to assess the geoecological situation. Analyzed rentgenometric characteristics of the mineral structure of benthic foraminifera shelf of the Black Sea. Revealed that the abnormal development of biomineralization is accompanied by morphological changes and are clearly seen in the structure of the walls of the shells of foraminifera.

**Key words:** the benthic foraminifera, mineral structure, diffraction spectrum.u

### **Вступ**

Важливе значення для шельфової області Чорного моря набувають негативні наслідки підвищення трофності та забруднення басейну в останні десятиріччя. Особливу актуальність становить визначення змін у донних відкладах, що концентрують основну масу привнесеної гетерогенної речовини. Універсальним індикатором середовища в цих умовах є бентосні форамініфери, аномалії розвитку яких відбивають наявність токсичних ефектів *in situ*. Черепашки бентосних форамініфер являють собою типові біомінеральні агрегати, в будові яких бере участь органічна і мінеральна речовина. За складом і засобом утворення твердого екзоскелета розрізняються аглютиновані та секретійні (вапняні) форамініфери. Аглютиновані черепашки побудовані із різно-

манітного стороннього матеріалу, скріпленого органічним цементом. Тверда фаза в секретійних форамініферах утворюється при мінералізації органічної матриці, що є складною сполукою вуглеводів (мукополісахаридів) і глікопротеїнів [3, 5].

А. П. Виноградов [2] одним із перших звернув увагу на порушення мінералоутворюючих функцій форамініфер при зміні середовища заселення. На його думку, перехід від морських умов до опріснених супроводжується втратою карбонатного скелету і формуванням крем'яної або аглютинованої черепашки. Наступні дослідження показали, що «крем'яні» черепашки є аглютинованими. Як відзначає Н. І. Маслакова [5], форамініфери, що секретирують кремнезем як скелетний матеріал, мало ймовірні.

### Матеріали і методи дослідження

Комплексні дослідження рецентної мікрофауни, донних осадків і водяної товщі проведені від дельти Дунаю до Дніпро-Бугського лиману.

Мікропалеонтологічне і літолого-геохімічне вивчення донних відкладів проводилося з дотриманням узвичаєних методик [3, 4, 7]. Індикаторні властивості бентосних форамініфер вивчені на основі таксономічного, морфологічного і мінералогічного аналізів із залученням методів оптичної мікроскопії, скануючої електронної мікроскопії і рентгенівської дифрактометрії. Мінеральний склад черепашок форамініфер вивчений за результатами фазового аналізу на дифрактометрії ДРОН-3 (фокусування за схемою Брега-Брентано, R-192 мм,

кобальтове монохроматичне випромінювання, діапазон сканування  $2\theta$  в інтервалі  $10-70^\circ$ , при кімнатній температурі). Контрольні проби подані кальцитом і арагонітом із колекції Геологічного музею Одеського національного університету. Діагностика основних кристалічних фаз заснована на порівнянні дифракційних спектрів досліджуваної речовини з еталонними мінералами.

Фоновий розподіл бентосних форамініфер охарактеризовано за матеріалами колекцій з фондів Палеонтологічного музею ОНУ. Кількісна характеристика аномалій розвитку аналізувалася на основі корелятивних та багатомірних зв'язків із результатами геохімічних досліджень.

### Результати дослідження

В процесі досліджень мінерального складу форамініфер північно-західного шельфу Чорного моря вивчались три групи проб (табл., рис.1-3):

- зразки нормально розвинутих черепашок *Ammonia tepida* (Cushman), *Elphidium ponticum* Dolgorolskaja et Pauli;

- зразки цих же форм із порушенням розвитку;

- зразки суміші форамініфер без угруповання по морфологічних ознаках.

Органічна матриця як середовище біогенного мінералоутворення є первинним концентратом речовини. Відомо [7], що основна маса мікродомішок накопичується в органічній фазі. Зокрема, концентрація важких металів (Cu, Zn, Hg, Cr тощо) може перевищувати кларковий рівень у 3-20 разів.

Утворення мінеральних фаз карбонатів включає закріплення іонів кальцію і бікарбонату в активних центрах глікопротеїну. Проте на цей процес можуть впливати домішкові елементи, що викликають порушення стехіометричності складу і спотворюють кристалічну структуру карбонатів [7].

Аномальний розвиток біомінералізації супроводжується морфологічними змінами і чітко просліджується в структурі стінок черепашок форамініфер. Відхилення від норми звичайно пов'язані з присутністю міжшарових порожнин або нерегулярної орієнтації кристалітів [6]. Ці спостереження однозначно свідчать про визначальну роль

дестабілізації функцій органічної матриці в розвитку морфологічних порушень.

При утворенні камер секретійних форамініфер органічна матриця, як середовище біогенного мінералоутворення, є первинним концентратом речовини, включаючи токсичні сполуки. Домішкові компоненти в органічній речовині черепашки блокують активні центри мінералізації, впливаючи на напрямки росту і розміри кристалітів, а в ряді випадків порушуючи мінералогічну спеціалізацію організму. За Ю. А. Борисенко [1], органічна матриця спроможна програмувати різні типи біомінералізації, які при зміні умов можуть відрізнятися від типового, генетично обумовленого.

Кристалізація арагоніту контролюється активною роллю ізоморфних заміщень і порушенням функцій органічної матриці в умовах забрудненого середовища. Наприклад, формування арагоніту залежить від змін амінокислотного і мікроелементного складу органічної речовини, а також від наявності в середовищі вуглеводнів нафтового ряду [3, 4].

Переважає частина форамініфер утворює мономінеральний екзоскелет кальцитового складу. Поряд із цим, є приклади присутності арагоніту в кальцитових черепашках.

В карбонатній речовині більшості розглянутих автором проб визначено переважання стехіометричного кальциту, що виділяється на дифрактограмі по інтенсивному рефлексу  $0,3031-0,3036$  нм. Кальцит в

черепашках *Ammonia tepida* характеризується стійкістю міжплощинних відстаней (0,3035-0,3036 нм), що не залежать від ступеня морфологічних змін (рис.1).

Черепашки з морфологічними порушеннями відрізняються контрастним ускладненням дифракційного спектра, що пов'язане з присутністю підвищеної кількості домішкових фаз. У цих випадках основну роль набуває посилення інтенсивності рефлексу 0,3337-0,3348 нм, що має діагностичне значення для кварцу. Висновок про захоплення механічних домішок при пороках розвитку форамініфер ми вважаємо завчасним, з огляду на можливість забруднення мікропроб і відсутність чітко помітних ознак процесу аглютинації.

Зв'язок механічних домішків, зокрема кварцу, з морфологічними порушеннями в черепашках форамініфер свідчить про можливість блокування стійкої мінералізації матричної речовини. Дифракційні спектри мінеральної складової аномально розвинутих живих форамініфер (рис.1) досить чітко відбивають наявність домішкових фаз. Інтенсивність рефлексів 0,334 нм, що не належать кальциту, узгоджується із чисельністю дефектних форм у валових пробах бентосних форамініфер (див. рис. 2, 3). На цій підставі, оцінку інтенсивностей рефлексів домішкових фаз можна розглядати як показник ступеня порушення функції кальцитоутворення та посилення псевдоаглютинації живих форамініфер.

Таблиця

**Рентгенометрична характеристика мінерального складу черепашок бентосних форамініфер Чорного моря**

КАЛЬЦИТ [10]			АРАГОНІТ [10]			<i>Elphidium</i> (норма) №1-012		<i>Elphidium</i> (деформ.) №1-012		<i>Ammonia</i> (норма) №1-012		<i>Ammonia</i> (деформ.) №1-012	
D	I	hkl	D	I	hkl	D	I	D	I	D	I	D	I
<b>3,846</b>	7	110								3,861	10	3,87	5
												3,53	7
			<b>3,4</b>	10	111			3,34	100	3,348	9	3,34	100
			3,28	5	021			3,2	30				
<b>3,03</b>	10	112				3,03	100	3	25	3,036	100	3,04	40
			2,88	1	002								
2,838	1					2,83	20			2,849	15	2,84	6
			<b>2,71</b>	9	012							2,76	7
								2,7	20				
						2,54	15						
2,491	4		2,49	7	200;102					2,498	10		
			<b>2,38</b>	8	112								
			<b>2,34</b>	5ш	013								
<b>2,281</b>	6					2,28	28			2,287	20		
			2,19	4	220;122								
<b>2,091</b>	5					2,09	18			2,095	13	2,1	7
			<b>1,98</b>	10	221	2,01	15					2	3
1,924	3									1,926	8		
<b>1,909</b>	8					1,91	40			1,913	40	1,91	15
<b>1,873</b>	8		1,88	7	202	1,87	25			1,877	30	1,88	8

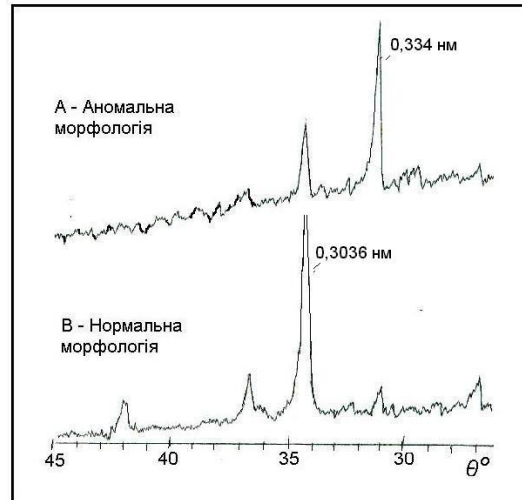


Рис. 1 – Рентген-дифракційні спектри мінеральної складової черепашок аномально (А) та нормально (В) розвинутих живих форм *Ammonia tepida* (Дністровська банка, станція 981-12)

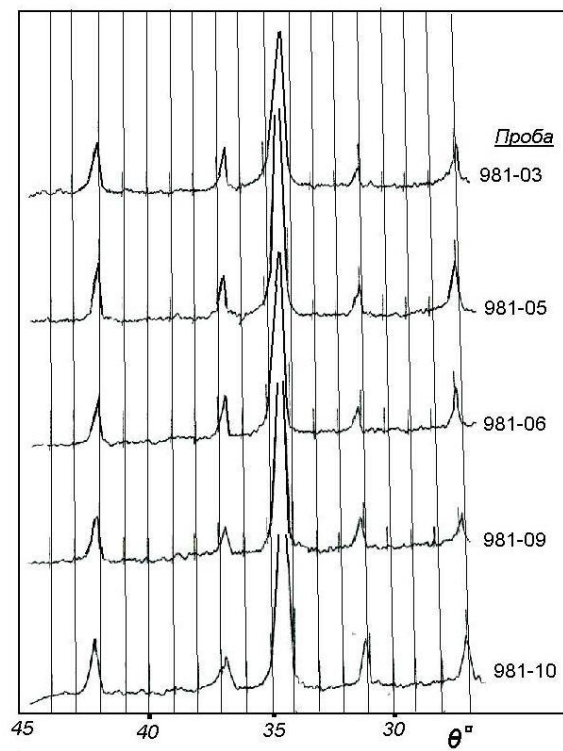
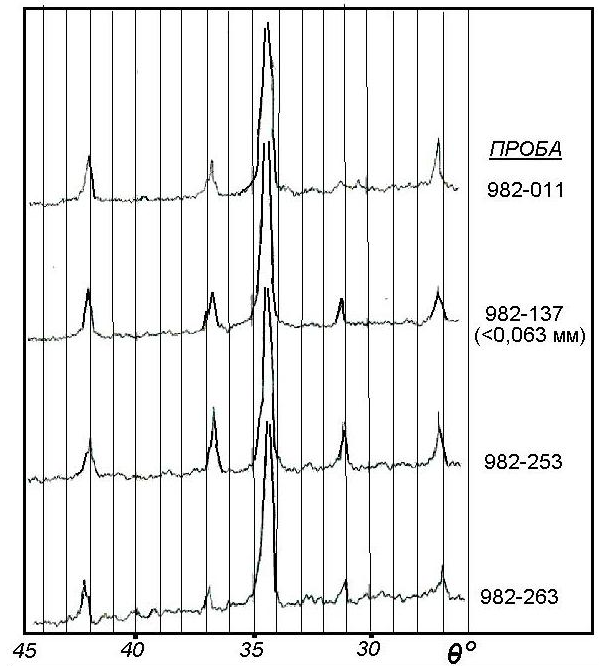


Рис. 2 – Рентген-дифракційні спектри валових проб бентосних форамініфер району Дністровської банки (горизонт випробування 0-2 см)



**Рис. 3** – Рентген-дифракційні спектри валових проб бентосних форамініфер району острову Зміїний (горизонт випробування 0-2 см)

#### Висновки

В сучасних умовах найбільше значення набувають наслідки «злякисної евтрофікації» та надходження токсичних сполук. Незалежно від характеру техногенного впливу, першооснову реакції гідробіонтів на негативні процеси складають порушення мінералоутворюючих функцій організмів. Саме це є «внутрішньою» причиною появи різноманітних виродливостей при формуванні екзоскелету форамініфер.

За результатами фазового аналізу

методом рентгенівської дифракції встановлений стійкий розвиток біомінералізації секретійних форамініфер, пов'язаний із утворенням мінеральної фази кальциту стехіометричного складу.

Таким чином, мінливість морфологічних та мінералогічних особливостей бентосних форамініфер є об'єктивним критерієм для визначення впливу природних та техногенних стресових факторів у морському середовищі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Борисенко Ю. А. Двомінеральність черепашок молосків: екологічна чи систематична ознака? / Ю. А. Борисенко. // Мінералог. збірн. – 1991. - № 45, вип. 1. – С. 45-47.
2. Виноградов А. П. Химический элементарный состав организмов моря/ А. П. Виноградов. // Тр.Биогеохим. Лаб. – М.: АН СССР. – 1944. – Т. 5. – 274 с.
3. Кравчук А. О. Современные изменения условий осадконакопления и бентосные фораминиферы как индикаторы загрязнения северо-западного шельфа Черного моря./ А. О. Кравчук. // Проблемы геотоксикологии. – Одесса, 2002.
4. Кравчук А. О. Новый принцип оптимальной оценки техногенных нарушений в морской среде./ А. О.Кравчук, О. П. Кравчук. // Мінералогія в Одесі на межі тисячоліть. – Одеса, 2000.
5. Маслакова Н. И. Структура стенки раковин фораминифер и ее таксономическое значение / Н. И. Маслакова.// Тезисы докладов Первой Всесоюзной школы «Стратиграфия и литология мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Мирового океана». – Том 1, «Стратиграфия». – М.: ГИН АН СССР, 1984. – С. 33-34.
6. Bresler V. Factors influencing the acute toxicity of heavy metals in some Mediterranean benthic foraminifera./ V. Bresler, V. Yanko // Env. Toxicology and Chemistry. – 1995. – №14. – P. 1687-1695.
7. Yanko V. Morphology and anatomy framboidal iron sulfides in foraminiferal tests and marine sediments./ V. Yanko, O. Kravchuk // Israel Geol. Soc., Annual Meeting, Ashkelon-Israel, Abstracts Volume. (1992) – P. 171 - 172.

Надійшла до редколегії 23.04.2012

