

ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 561.26:551.351(262.5)

Ю. Тимченко, інж. II кат.,  
Є. Насєдкін, канд. геол. наук

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДІАТОМОВОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВПЛИВУ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕСИ ОСАДКОНАКОПИЧЕННЯ**

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. О.М. Іванік)

*Наведено дані сезонного вивчення асоціацій кремневих мікроводоростей у межах дослідницького Чорноморського океанографічного полігону. Проаналізовано результати дослідження та визначено перспективи застосування діатомового аналізу для моніторингу впливу абіотичних факторів на процеси осадконакопичення.*

*New monitoring data on siliceous microalgae assemblages in the Black Sea Experimental Polygon near the South Crimea shore are examined. Seasonal changes on diatom number and abundance are analyzed. Perspective applications of diatom technique for the monitoring of abiotic influence on sedimentary processes are determined.*

**Вступ та постановка проблеми.** Інститутом геологічних наук НАН України в рамках реалізації проекту комплексної програми наукових досліджень НАН України з проблем сталого розвитку, раціонального природокористування та збереження навколишнього середовища створено систему спостережень за станом та мінливістю природних умов у прибережній зоні Чорного моря. Комплекс устаткування, розташований у межах Центру колективного користування Експериментального відділення Морського гідрофізичного інституту НАН України в смт Кацівелі (Пів-

денне узбережжя Криму), передбачає одночасний щомісячний відбір проб осадової речовини з атмосферних потоків, водної товщі та верхнього шару донних відкладів (рис. 1). Одним із завдань проекту є дослідження сезонних змін та особливостей вмісту мінеральної компоненти, мікроелементів, органічної речовини та інших складових атмосферного аерозолю, морської зависі та верхнього шару донних відкладів у межах створеного геоекологічного полігону та визначення впливу на їх часовий розподіл зовнішніх, зокрема, гідрометеорологічних факторів [3].

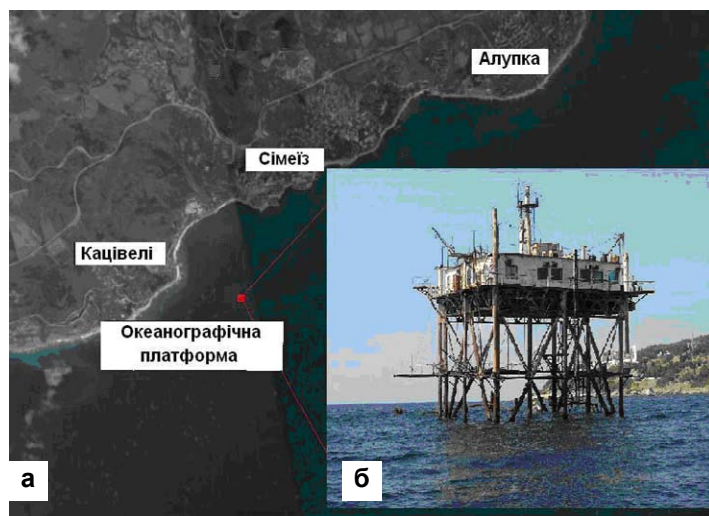


Рис. 1. Район робіт: а – оглядова карта Південного берегу Криму; б – місце розташування океанографічної платформи у межах Чорноморського океанографічного полігону

Процес тривалих спостережень виявив доцільність залучення до комплексу аналітичних методів, що вже використовуються, ряду додаткових. Це викликано, в першу чергу, ускладненнями при дослідженні зв'язків між синоптичними та гідродинамічними умовами в районі робіт, перерозподілом мінерального та мікроелементного складу в таких компонентах середовища, як донні відклади й зависла речовина. Зокрема, визначення процесів надходження з суходолу та розподілу в акваторії осадової речовини в межах ділянки досліджень значно ускладнюється впливом процесів взмучування донних відкладів, що пов'язано з хвильовою активністю, інтенсивним апвелінгом та рядом інших факторів (рис. 2). На думку авторів, одним з індикаторів, що можуть допомогти розмежувати процеси перевідкладання верхнього шару донних відкладів під впливом активної гідродинаміки акваторії та надходження теригенної речовини з території суходолу під впливом абра-

зії та вітрового переносу, можуть бути показники стану асоціацій мікроводоростей у районі досліджень.

**Мета дослідження.** Вивчення окремих груп мікроводоростей, умови існування яких обумовлюються певним хімічним складом води, глибиною та іншими факторами, можуть визначити ступінь домінування тих чи інших гідрофізичних процесів у певні періоди року.

На погляд авторів, вивчення розподілу асоціацій мікроводоростей дозволить отримати таку додаткову інформацію, необхідну для аналізу впливу гідродинамічних факторів:

- дослідити ступінь впливу процесів реседиментації осадків у межах дослідницького полігону на інтенсивність накопичення осадової речовини. У зв'язку з тим, що точка моніторингу знаходиться в зоні не тільки акумуляції, але й тимчасового транзиту седиментаційного матеріалу в напрямку суходіл – море, в окремі періоди гідродинамічних збурень виникають складнощі при спробах відокремити в

речовині, що накопичилася в седиментаційних пастках, розташованих над дном (26 м) та в товщі води (15 м), складову, що надійшла в процесі реседиментації, від складової, привнесеної з території суходолу (вітровий переніс, процеси абразії, площинний змив). *Прямим показником інтенсивності процесів реседиментації буде співвідношення вмісту бентосних форм мікроорганізмів у пастках верхнього та нижнього рівнів;*

• визначити наявність загалом і інтенсивність зокрема процесів перенесення завислої речовини з біль-

ших глибин, що пов'язано з апвелінгом. *Індикатором в даному випадку слугуватимуть більш глибоководні чи солоноводні форми мікрободоростей, ніж ті, що розповсюджені в районі відбору проб;*

• дослідити надходження до району спостережень розприснених вод (тимчасові водотоки під час дощів, річкові води у певні сезони) за допомогою аналізу наявності прісноводних видів планктонних угруповань у районі океанографічної платформи.

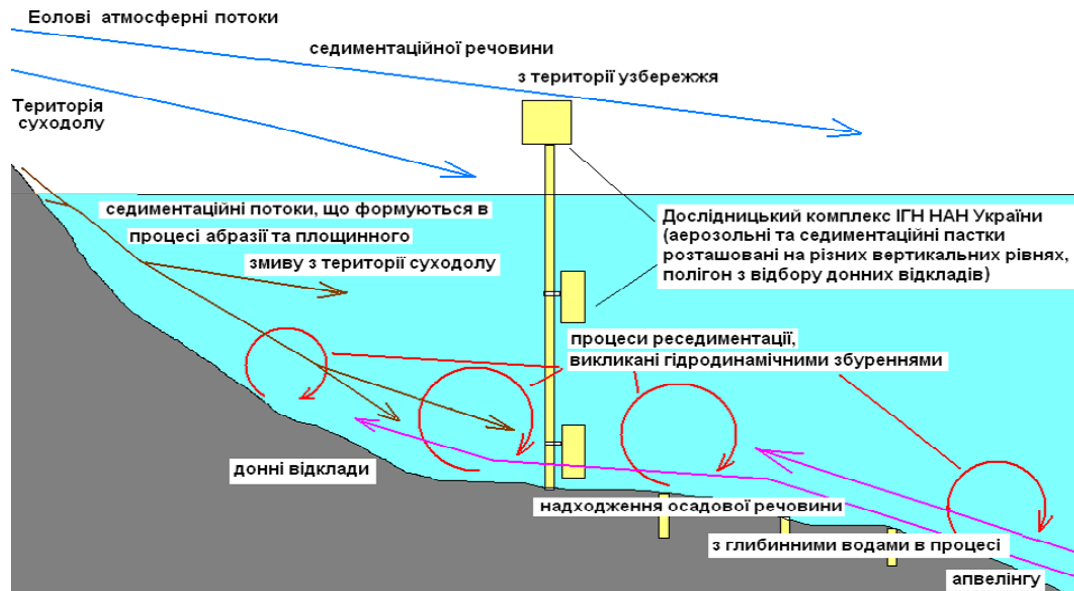


Рис. 2. Схематичне зображення розташування спостережного комплексу та напрямленості основних процесів пересування та трансформації седиментаційної речовини в районі робіт

Сезонні закономірності розподілу асоціацій мікрободоростей також важливі в екологічному аспекті – як відомо, у періоди сукцесії ці мікроорганізми відіграють помітну роль як біоконцентратори важких металів.

Нижче наведено дані вивчення особливостей угруповань мікрободоростей у межах дослідницького полігону, проаналізовано результати досліджень та окреслено подальші перспективи цих робіт.

**Результати досліджень.** Було оброблено та проаналізовано понад 20 зразків завислої речовини та донних осадків, відібраних з океанографічної платформи впродовж 2008-2011 рр. Лабораторну обробку зразків для діатомового аналізу виконано за стандартною методикою, прийнятою у лабораторіях СНД [2]. Мікроскопічні дослідження проведено за допомогою світлового мікроскопа Olympus CX4. Для визначення кремєних мікрободоростей використано довідкову та монографічну літературу [1, 5].

Мікрободорості, у тому числі діатомові, дуже чутливі до найменших змін середовища, в якому вони існують, що позначається на їх чисельності та таксономічному складі. У морській воді асоціації діатомей можуть бути показниками надходження прісних вод, змін глибини та рівня моря, трофічного статусу й забруднення, солоності, чистоти та якості води, дії апвелінгу, надходження та джерел мобілізації перевідкладеного осадового матеріалу та ін. Аналізуючи комплекси цих організмів можна робити висновки про відповідні зміни середовища, у тому числі, короткострокові.

Попереднє вивчення зразків завислої речовини та донних осадків [5] показало, що кремєні мікрободорості (діатомові та диктіхові) формують суттєву частину біогенної складової осадоконакопичення у місці дослідження. Панцири сучасних діатомей присутні впродовж

усього року, в той час як розвиток сілікофлягелат відбувається взимку й на початку весни. У січні-лютому частка сілікофлягелат складає 30-40 % від загальної чисельності комплексу кремєневих мікрободоростей, у березні-квітні на глибині 15 м – 28 %; у травні на обох глибинних рівнях домінують діатомей (понад 90 %). Всього визначено понад 130 таксонів кремєневих мікрободоростей.

Кількість панцирів у пробах впродовж року не однакова. Аналіз водоростей з посезонних зразків зависі показав, що у місці розташування платформи діатомей найбільше під час весняного (березень-травень) на глибині 15 м та осіннього (вересень-жовтень 2010 р.) на глибині 26 м цвітіння. Весняне цвітіння діатомей яскраво виражене на глибині 15 м у розвитку планктону (березень-квітень) та планктонних і тихопелагічних видів (травень), а в придонному шарі – восени у розвитку бентосу. Найменша кількість стулок спостерігається влітку (червень-серпень) (рис. 3).

Невелика кількість панцирів діатомей у зразках зависі значно обмежує можливості застосування сучасних методик і майже повністю виключає залучення методів статистичного аналізу, що натепер широко використовуються фахівцями при діатомовому аналізі [6, 7, 13].

Для з'ясування характеру змін гідрофізичних і гідрохімічних параметрів водного середовища нами застосовано методику оцінки співвідношення в комплексах діатомей різних екологічних груп [6, 9-12]. Екологічні групи виділено за формами існування організмів (планктон і різні групи бентосу) та їх толерантністю до умов солоності (морські, солонуватоводно-морські, солонуватоводно-прісноводні й прісноводні). Серед груп бентосу окремо розглядають епіфітів, що існують у воді, міцно прикріплюючись до макроводоростей; епісаммон – організми, що нерухомо живуть між зер-

нами піщаного ґрунту; епіпелон, що може вільно рухатись по поверхні глинистих і мулистих ґрунтів або між їх частками; аерофілів, які витримують умови періодичного осушування.

Ця методика дозволяє доволі точно оцінити солоність, глибину, прозорість, динаміку води та деякі інші гідрофізичні характеристики у момент формування осаду, а також досить впевнено виокремлювати алохтонну та автохтонну складові самих комплексів [10].

Для зразків, відібраних з платформи, повною мірою такий аналіз можливий лише для сезонів весняного та осіннього цвітіння, коли відбувається різке зростання ("вибух") кількості діатомей. Багаторічний ряд спостережень за сезонним співвідношенням екологічних груп діатомей дозволить у подальшому отримати інформацію про їх тренд, а через те і зміни гідрографічних показників водного середовища та характеру осадоконакопичення впродовж різних років.

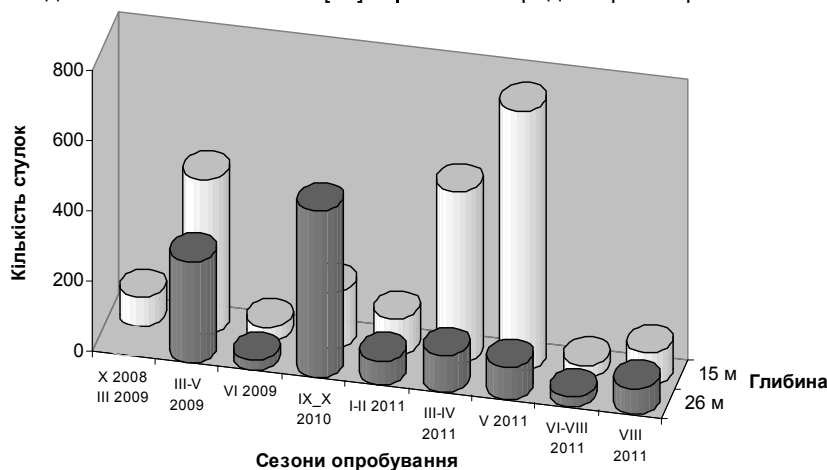


Рис. 3. Кількість ступок діатомових водоростей у зразках завислої речовини

Для зразків зависі, відібраних навесні 2009 і 2011 рр., коректними є лише дані для глибини 15 м. Дані для рівня 26 м є приблизними й наведені для порівняння (табл. 1). Вміст планктонної складової на глибині 15 м складав постійно понад 60 %, а у придонному

шарі суттєво коливався впродовж різних років. З таблиці видно, що весняне цвітіння планктону відбувається у березні-квітні, а в травні зростає відсотковий вміст планктону в придонних шарах внаслідок відмирання та занурення клітин.

Таблиця 1

Співвідношення (%) екологічних груп діатомових водоростей на глибині 15 м навесні 2009 і 2011 рр. Для порівняння – приблизне співвідношення екологічних груп в придонному шарі

Рік, місяць відбору	Глибина, м	Планктон	Бентос	У тому числі		Інші
				Епіфіти	Епіпелон	
2009 III-V	15	61,2	36,5	17,3	19,2	0,3
	26	53,0	47,0	17,0	30,0	1,0
2011 III-IV	15	75,4	24,2	4,6	19,6	0,4
	26	17,3	82,7	14,6	68,1	-
2011 V	15	60,5	37,5	17,7	17,0	2,0
	26	31,4	62,5	9,9	52,6	6,1

Частка епіфітів навесні складала 17 %, найменшою (до 5 %) вона була на початку весни 2011 р. Можливо, у той час умови для зростання макроводоростей – субстрату епіфітів – були найбільш несприятливими. Частка епіпелону на глибині 15 м навесні також невелика (>20 %), у травні 2011 р. ще знижується.

Для трьох сезонів у місці розташування платформи підрахунок співвідношень екологічних груп був неможливий через низьку загальну кількість ступок діатомей. У такій ситуації спробувати оцінити гідрографічні параметри середовища за допомогою діатомового аналізу можна, застосовуючи певні відносні показники, коефіцієнти. Це дещо зменшить похибку, яка виникає при розрахунках з малими вибірками.

**Обговорення результатів.** Для оцінки умов осадоконакопичення особливо важливо оцінювати співвідношення в діатомових комплексах бентосу та планктону, а також груп діатомей за галобністю. Важливою є також наявність у сучасних комплексах ступок викопних організмів, перевідкладених у місці утворення осаду.

**1. Аналіз співвідношення екологічних груп бентосу й планктону.** При оцінці умов осадоконакопичення особливо важливою є автохтонна група організмів. Як правило, в умовах динамічного водного середовища автохтонною є

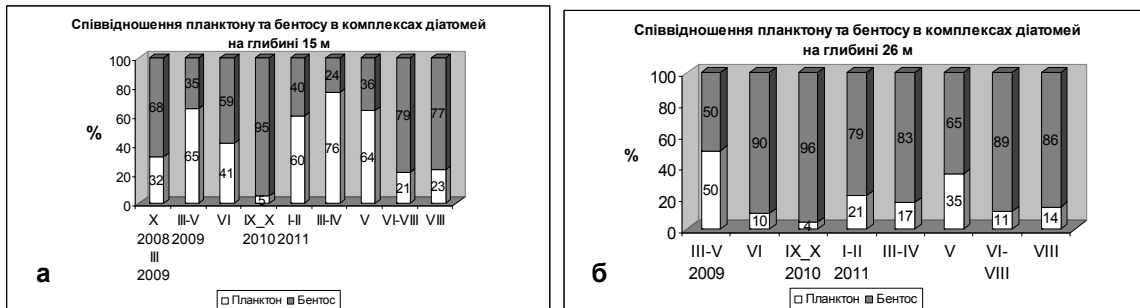
група бентосу [10-11]. У місці розташування платформи у комплексах діатомей відсоткова частка бентосу переважає майже протягом усього року на глибині 15 м (рис. 4а) та весь рік у придонному шарі (рис. 4б). Виняток складають лише весняні місяці (березень-травень), коли частка планктону різко збільшується (рис. 4а).

На глибині 26 м частка бентосу завжди вища, ніж на 15 м (рис. 4). Якщо появу планктонних видів у придонному шарі води пояснюють зануренням відмерлих клітин планктонних і тихопелагічних видів на дно, то знаходження бентосних діатомей у водному стовпі пояснюють дією хвиль, течій та вітру, які викликають перемішування різноглибинних водних шарів [7].

Одним з показників умов, у яких відбувається осадоконакопичення протягом різних сезонів, є співвідношення бентосу та планктону в комплексі (benthic to pelagic ratio **BPR**) [7]. Для розрахунку цього коефіцієнту окремо підраховують складові бентосу і планктону та визначають відношення частки бентосу до суми планктонної та бентосної складових:

$$BPR=B/(B+P), \quad (1)$$

де B – відсоткова частка у комплексі видів бентосу, P – планктону і тихопелагічних видів.

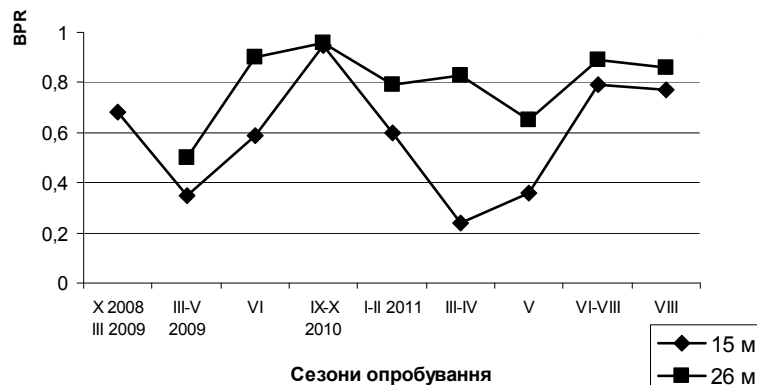


**Рис. 4. Співвідношення планктону та бентосу:**  
а – у водному стовпі (2008-2011 рр.), б – у придонному шарі (2009-2011 рр.)

На рис. 5 видно, що загалом співвідношення BPR змінюється майже синхронно на обох глибинах, але у вересні-жовтні 2010 р. коефіцієнти зрівнялися: бентос переважав на обох рівнях. На глибині 26 м домінував морський вид *Campylodiscus thuretii* Breb. (майже 54 %), а також солонуватоводно-морські *Diploneis bombus* Ehr., *D. smithii* (Breb.) Cl., *Surirella fastuosa* Ehr. (разом до 18 %). Усі ці види є представниками епіпелону. На глибині 15 м у той самий час також домінував бентос, представлений солонуватоводно-морським епіпеломом: *D. bombus* (35 %), *Nitzschia sigma* W.Sm. (>14 %), *Lyrella abrupta* (Greg.) Kar. (майже 6 %). Помітно, що видовий склад бентосу на обох глибинних рівнях восени суттєво відрізнявся.

На глибині 26 м не зустрічалися, але були знайдені у водному стовпі, солонуватоводно-морські види *Nitzschia longissima* (Breb.) Ralfs. і *Achnanthes longipes* Ag. *A. longipes* – епіфіт, його розвиток виявлено у травні на глибині 15 м (до 5 %). Утворюючи за сприятливих умов ланцюжки клітин, він може відриватися від субстрату та вільно ширяти у воді як тихопелагічні види, що у планктоні існують, але не репродукують.

На рис. 5 добре помітні піки весняного розвитку планктону, пов'язаного з його сезонним цвітінням. Саме на цей час (травень-квітень) припадає найбільша розбіжність між коефіцієнтами на обох глибинах.



**Рис. 5. Динаміка зміни співвідношення бентосу й планктону (BPR) на глибині 15 і 26 м**

При подальших дослідженнях розрахунки з використанням коефіцієнту BPR дозволять оцінити внесок у осадконакопичення бентосної та планктонної біогенних складових, простежити сезонну та річну динаміку такого співвідношення, а отже, робити висновки про умови існування організмів, зокрема, про глибину.

Важливою є інформація, що її дає оцінка співвідношення екологічних груп у автохтонній складовій комплексу. У досліджуваному районі в структурі бентосу домінують рухомі епіпелічні види, частка епіфітів у бентосі незначна протягом усього року й залишається майже сталою. Очевидно, що водна турбулентність та викликана нею низька прозорість води не сприяють існуванню макроводоростей і, як наслідок, розвитку епіфітів. Як зазначають [7], слабкий розвиток епіфітного бентосу призводить до низької чисельності діатомей взагалі.

Коефіцієнт, що визначає відношення видів епіфітних до всього бентосу, характеризуватиме розвиток і динаміку епіфітів та опосередковано може свідчити про умови гідродинаміки та рівень освітлення (течії, хвилювання, вітри). За аналогією з коефіцієнтом BPR, його можна розрахувати як відношення частки епіфітів у структурі комплексу до частки всього бентосу:

$$E_f = F/B, \tag{2}$$

де  $E_f$  – відношення групи епіфітів до всього бентосу,  $F$  – частка групи епіфітів,  $B$  – частка всього бентосу в комплексі.

На рис. 6а показані сезонні зміни (тренд) відношення епіфітів до групи всього бентосу на різних глибинних рівнях. Помітно різке зменшення частки епіфітів на обох глибинах восени 2010 р. (вересень-жовтень), що могло бути викликано, наприклад, штормами, а збільшення – взимку та навесні 2011 р.

Загалом значення коефіцієнту є низькими, не вище 0,3. Видно, що в цілому для зразків зависі, відібраних протягом 2010-2011 рр., динаміка є однаковою: досить різке збільшення частки епіфітів взимку та поступове зменшення його навесні та влітку. Винятком є лише значення, отримані для травневого зразку з глибини 15 м. Тут частка епіфітів у водному стовпі різко збільшується до майже 0,5, у той час як у придонному шарі зміна коефіцієнту відповідає загальній тенденції.

Помітне збільшення частки епіфітів у структурі бентосу в травні 2011 р. у водному стовпі пов'язане з розвитком морських – *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kütz і *G. oceanica* Ehr. (загальна частка у комплексі 9 %) – та солонуватоводно-морських – *Achnanthes longipes* Ag. і *Hyalodiscus scoticus* (Kütz.) Grun. (разом 8 %) – видів.

Аналізуючи сезонний тренд співвідношення можна зробити висновок, що район дослідження не є сприятливим для розвитку епіфітних діатомей. Епіфіти потребують низькодинамічної, досить прозорої води, коли ані мул, ані турбулентність не заважають надходженню сонячного

проміння та росту макроводоростей [11]. Впродовж року умови існування епіфітів на обох глибинах змінювалися від найбільш несприятливих у середині осені до найкращих у водному стовпі у травні. Можливо, саме в травні склалися найбільш спокійні умови, що й викликало збільшення частки екологічної групи. Несприятливим для існування епіфітів був кінець літа-осінь, можливо, позначені найбільшою турбулентністю води (вітри, шторми, хвилювання). Так сезонний режим групи діатомей може свідчити про сезонні особливості утворення осаду.

Найвагомішою в структурі бентосу в місці знаходження платформи є екологічна група епіпелону. Відсоткові частки груп епісаммону та аерофілів вкрай низькі. Коефіцієнт, що визначає відношення видів епіпелону до всього бентосу, характеризує динаміку найбільш поширеної на обох глибинних рівнях групи діатомей. Оскільки життя цих організмів пов'язане з ґрунтами, їх розвиток до певної міри характеризує зміни поверхні донного осаду.

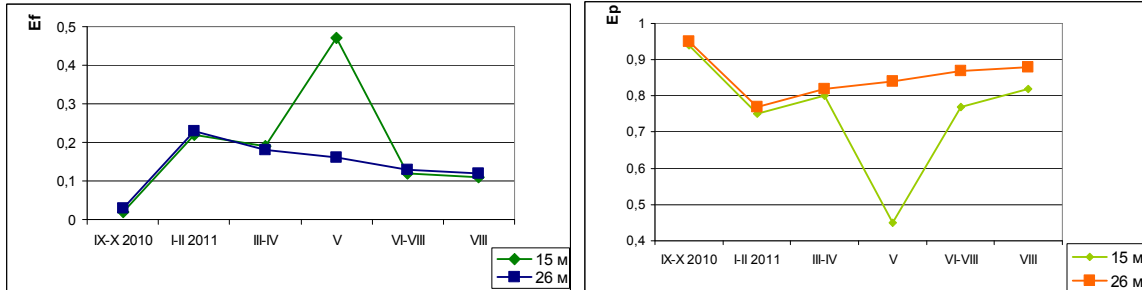


Рис. 6. Сезонна зміна відношення на різних глибинних рівнях до бентосу: а – групи епіфітів Ef, б – групи епіпелону Ep

Подібно як для групи епіфітів, можна розрахувати коефіцієнт  $E_p$  – відношення частки епіпелону у структурі комплексу до частки всього бентосу:

$$E_p = L/V, \quad (3)$$

де  $E_p$  – відношення групи епіпелону до всього бентосу,  $L$  – частка групи епіпелону,  $V$  – частка всього бентосу.

Відношення частки епіпелону до всього бентосу в досліджуваному районі було максимальне восени 2010 р. на обох рівнях, а у 2011 р. у придонному шарі поступово збільшувалося до кінця літа. На рис. 6б показаний сезонний тренд відношення видів епіпелону до групи всього бентосу.

Оскільки у місці опробування в бентосі переважно існують лише епіпелон і епіфіти, сезонні зміни коефіцієнтів  $E_f$  і  $E_p$  мають діаметрально протилежну динаміку. Найвищим для групи епіпелону значення коефіцієнту було восени 2010 р. (0,9); взимку частка епіпелону помітно зменшилася (до 0,75), а навесні – збільшилася. На рис. 6б помітно, що до квітня 2011 р. вміст епіпелону був майже однаковий на обох глибинах, а починаючи з травня характер змін суттєво відрізнявся. Якщо в придонному шарі впродовж весни-літа частка епіпелону залишалася значною (0,8-0,9) з постійною тенденцією до зростання, то у водному стовпі в травні відбулося різке її зменшення. Для цього можливі дві основні причини: по-перше, весняне цвітіння планктону, що до 64 % збільшило його частку в комплексі (рис. 4); по-друге, збільшення у комплексі частки епіфітів (рис. 6а). Можливо також, що при низькій динаміці вод менше скаламучування поверхні ґрунту, тобто менше часток осаду та стулок бентосних видів потрапляє у стовп води. Влітку частка епіпелону у зразках зависі з глибини 15 м дещо збільшилася, але все ж залишалася меншою, ніж у цей час на глибині 26 м (близько 0,8).

Польові та лабораторні експерименти показали [9], що цвітіння епіпелічних діатомей у бентосі приводить до закріплення, стабілізації ґрунту: клітини наче цементують дрібні частки поверхневого шару осаду. Це, в свою чергу, перешкоджає скаламучуванню ґрунту під час припливів, вітрів та штормів. Розвиток епіпелону в структурі бентосу, таким чином, може впливати на особливості осадконакопичення, скріплюючи ґрунт. Судячи з таксономічної структури бентосу, за своїм складом донні осадки у місці розташування платформи переважно глинисті чи мулисті: більшість діатомей епіпелону, що зустрічаються в комплексах зі зразків зависі, переважно існують саме на такому субстраті.

**2. Аналіз співвідношення груп діатомей за толерантністю до солоності води (галобністю).** Режим змін солоності води за рахунок притоку прісних вод або надходження їх з відкритого моря також важливий для встановлення особливостей осадконакопичення. Діатомові водорості чутливо реагують на зміни солоності води, у якій вони існують.

Найкраще про це може свідчити співвідношення в кожному комплексі видів з різною толерантністю: деякі існують виключно в умовах відкритого моря, деякі витримують коливання солоності в широких межах, а є такі, що їх розвиток свідчить про приток вод прісних. Тому результати діатомового аналізу дозволяють оцінити, наскільки суттєвим був приток прісних (річкових) або солоних морських вод впродовж різних сезонів опробування. Наприклад, поява у певні пори року видів, що існують у водах прісних, може говорити про сезонне надходження річкових вод. У табл. 2 наведено відсоткове співвідношення груп діатомей, що переважно існують у морських, солонуватоводно-морських і прісних водах, розраховане для комплексів зі зразків зависі з обох глибинних рівнів (2008–2011 рр.).

Таблиця 2

Співвідношення груп діатомей за галобністю в комплексах зі зразків зависі речовини (%)

Групи діатомей	Рік	2008–2009								
		2008–2009		2009			2010		2011	
	Місяць	X–III	III–V	VI	IX–X	I–II	III–IV	V	VI–VIII	VIII
морські	15 м	63	73	80	31	73	85	63	43	58
солонуватоводно-морські		37	10	20	65	26	13	35	57	40
прісноводні		-	17	-	4	1	2	2	-	2
морські	26 м	н.в.	64	58	75	54	45	68	52	61
солонуватоводно-морські		н.в.	19	21	24	46	51	31	48	39
прісноводні		н.в.	17	11	1	-	4	1	-	-

Помітно, що в районі дослідження частка прісноводних діатомей у комплексах зависі з обох глибин дуже низька. Вищою вона була навесні та на початку літа 2009 р., мінімальною – зимою та влітку 2011 р.

За даними діатомового аналізу, вплив морської води більше відчувався на глибині 15 м, але і коливання солоності впродовж року тут помітніші. Певне збільшення частки морських діатомей у комплексах спосте-

рігалось для зимових і весняних місяців, зниження – для літніх і осінніх.

Дані діатомового аналізу свідчать, що у придонному шарі (рис. 7) коливання солоності води відчувалися менше. Частка видів морських протягом року змінювалася в межах 45-75%. Вплив прісної води сильніше відчувався навесні, менше – взимку та у другій половині літа. Як і для менш глибокого шару, частка прісноводних видів помітно більша для зразків, відібраних навесні 2009 р.

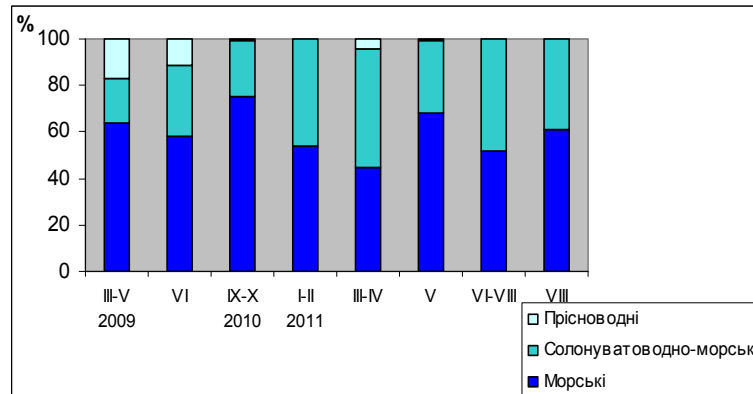


Рис. 7. Співвідношення груп діатомей (%) за галобністю в комплексах з придонних зразків зависі (26 м)

У цілому можна сказати, що комплекси діатомей протягом усього року формуються переважно з видів морських і солонуватоводно-морських, частка видів прісноводних незначна. У районі дослідження панують літорально-морські умови, з освітленням, достатнім для розвитку мікродоростей, і з глибинами, що сприяють домінуванню бентосу.

### 3. Значення аналізу перевідкладеного матеріалу.

Результати діатомового аналізу свідчать про участь у осадконакопиченні викопного матеріалу, перевідкладеного до сучасних горизонтів. Знахідки таких панцирів одиничні, виявлені лише в зразках зависі з придонних пасток, відібраних у травні та серпні 2011 р., та у зразках верхнього шару донних осадків. Частка привнесеного матеріалу в сучасних комплексах не перевищує 3-5%.

Панцири викопних діатомових водоростей, що потрапили до сучасних комплексів, можуть нести важливу інформацію, якщо є можливість встановити віковий діапазон існування переміщеного виду та з'ясувати можливі джерела надходження матеріалу [4]. Отримати такі дані можна при одночасному аналізі напрямків головних течій, переважаючих вітрів, що могли сприяти транспортуванню осаду, а також місць залягання відповідних відкладів – можливих джерел мобілізації перевідкладеного матеріалу. Подальший аналіз такого матеріалу дозволить зробити додаткові висновки про особливості утворення осаду в районі знаходження платформи.

**Висновки та перспективи робіт.** Аналіз екологічної структури бентосу за допомогою введених оціночних коефіцієнтів на основі таксономічної структури комплексів діатомей дозволяє опосередковано робити висновки про річні та сезонні зміни обстановок седиментації. Зменшення частки епіфітів може говорити про підвищення турбулентності води та її мутності, а збільшення – про спокійніші гідродинамічні умови. Постійне домінування епіпелону у бентосі характеризує склад поверхневого шару ґрунтів і порівняно невелику глибину, а галобність визначає солоність моря досліджуваного району як солонуватоводно-морську й морську.

Цвітіння планктону та поява ряду видів може бути результатом дії апвелінгу і свідчити про надходження глибинних вод. Так, у місці розташування платформи у

травневих зразках завислої речовини зафіксований сплеск розвитку таких планктонних видів, як *Thalassionema nitzschioides* Grun. (9%), представники роду *Chetoceros* разом зі спорами спокою (близько 26%), а також *Paralia sulcata* (Ehr.) Cl., які вважаються індикаторами умов підвищеного живлення: відомо, що вони зустрічаються у районах апвелінгу [8].

Підрахунок співвідношення екологічних груп діатомей у комплексах дозволяє виокремити автохтонну, представлену переважно бентосом і напівбентосом, складову [10-12]. При порівняльному аналізі автохтонної складової різних комплексів можна знехтувати складовою алохтонною, що створює певний "шум" у періоди сезонного цвітіння планктону при оцінці річної динаміки осадконакопичення.

Багаторічний ряд моніторингових спостережень за співвідношенням екологічних груп діатомей на різних глибинних рівнях дозволить отримати інформацію про їх тренд, а через те річні та сезонні зміни гідрографічних показників водного середовища та характеру осадконакопичення.

1. Барінова С.С., Медведєва Л.А., Анисимова О.В.. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды – Тель-Авив, 2006.
2. Жузе А.П. К методике технической обработки горных пород в целях диатомового анализа // Диатомовый сборник. – Л., 1953. – С. 206-220.
3. Наседкін Є.І., Іванова Г.М., Кузнецов О.С. Моніторинг седиментаційних процесів в межах Чорноморського океанографічного полігону: деякі результати та перспективи подальших досліджень // Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу. – Севастополь, 2010. – № 21. – С. 53-60.
4. Ольштынская А.П., Тимченко Ю.А. Кремнистые микрофоссилии как показатель трансформации современных донных осадков различных участков Черного моря // 36. наук. праць ІГН НАН України. – 2010. – №3. – С. 174-180.
5. Тимченко Ю. А. Сезонні зміни комплексів діатомових водоростей у районі Чорноморського експериментального полігону (південне узбережжя Криму) // Вісник Київ. ун-ту. Геологія. – 2011. – № 53. – С. 13-17.
6. Bak M., Wawrzyniak-Wydrowska B., Witkowski A. Odra river discharge as a factor affecting species composition of the Szczecin Lagoon diatom flora, Poland // Studies on diatoms. – 2001. – P. 491-506.
7. Kasim A., Mukai H. Contribution of benthic and epiphytic diatoms to clam and oyster production in the Akkeshi-ko estuary // Journal of Oceanography. – 2006. – V. 62. – P. 267-281.
8. Van Iperen J. M., Van Bennekom A. J., Van Weering T. C. E. Diatoms in surface sediments of the Indonesian Archipelago and their relation to hydrography // Hydrobiologia. – 1993. – V. 296/270. – P. 113-128.
9. Vos P. C., de Boer P. L., Misdorp R. Sediment stabilization by benthic diatoms in intertidal sandy shoals // Tide-influenced sedimentary environments and facies – Dordrecht, 1988. – P. 511-526.
10. Vos P. C., De Wolf H. Diatoms as a tool for reconstructing

sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects // *Hydrobiologia*. – 1993. – V. 296/270. – P. 285-296. 11. Vos P.C., De Wolf H. Methodological aspects of paleoecological diatom research in coastal areas of the Netherlands // *Geol. Mijnbouw*. – 1988. – V. 67. – P. 31-40. 12. Vos P.C., De Wolf H. Palaeoenvironmental research on diatoms in Early and Middle Holocene deposits in Central North Holland (The Netherlands) //

*Netherlands Journal of Aquatic Ecology*. – 1994. – V. 28(1). – P. 97-115. 13. Zong Y., Horton B.P. Diatom-based tidal-level transfer functions as an aid in reconstructing Quaternary history of sea-level movements in the UK // *Journal of Quaternary Science*. – 1999. – V. 14(2). – P. 153-167.

Надійшла до редколегії 23.07.12

## ГЕОФІЗИКА

УДК 521.16; 550.34

С. Вижва, д-р геол. наук, проф.,  
А. Казанцев, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.

### СТАТИСТИЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК ПАРАМЕТРІВ МІСЯЦЯ ІЗ СЕЙСМІЧНИМИ ЯВИЩАМИ НА ЗЕМЛІ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, проф. Г.Т. Продайводою)

*Проведено статистичне співставлення сейсмічних явищ за 2001–2011 рр. із деякими параметрами орбіти Місяця. Отримані окремі статистично значимі залежності між кількістю явищ на Землі та місячними параметрами. Зроблено висновок, що Місяць по різному впливає на кількість сейсмічних явищ, що відбуваються на різних глибинах (до 40 км та глибше 40 км).*

*A statistical comparison of seismic phenomena for 2001–2011 ys with some parameters of the Moon's orbit was carried out. There were obtained some significant dependences of the seismic phenomena quantity on the Earth upon the Moon's parameters. It was made a conclusion that the Moon is differently influenced on the seismic phenomena quantity which occur at different depths (up to 40 km and deeper then 40 km).*

**Вступ.** Вплив Місяця на земні сейсмічні явища вивчається вже кілька століть. За цей час виявлені деякі кореляційні зв'язки між кількістю та потужністю землетрусів із різними параметрами Місяця (кутом фази, положенням на орбіті, відстань від Землі тощо). Про існування таких зв'язків вказувалося ще в публікаціях XIX ст [4]. Щоправда, були й заперечення стосовно можливого впливу Місяця на землетруси [7]. В останні десятиліття кількість публікацій про зв'язок Місяця тіл із землетрусами зростає. В них вплив природного супутника Землі розглядається не як причина виникнення землетрусів, а як спусковий механізм, що в окремих випадках приводить до вивільнення енергії, накопиченої в надрах Землі самими ж підземними процесами. Головною складовою такого спускового механізму має бути припливна дія з боку Сонця та Місяця. Тому в наявних публікаціях з цього питання вказується на існування кореляції кількості землетрусів із періодом доби [10, 11], із фазами Місяця [2, 9, 11], відстанню Місяця від Землі [8]. Існування подібних кореляцій виявлено на інтервалах часу в кілька десятиліть [1]. В ряді публікацій аналізується кореляція землетрусів із кутом нахилу місячної орбіти [5, 11], а також і сонячною активністю [5].

Найбільш важливим завданням сейсмології на сьогодні є вихід на можливість хоч якогось передбачення землетрусів по окремих зонах. Зрозуміло, що головна причина цих явищ схована глибоко під землею. Та якщо Місяць хоч трохи, але впливає на землетруси, на їх початок, магнітуду та ін., то всебічне з'ясування такого впливу зможе допомогти у виході на очікуване передбачення. На наш погляд зазначену проблему варто досліджувати одночасно із залученням фахівців з геофізики та астрономії.

**1. Підготовка масиву даних.** Інформація про сейсмічні явища була отримана від філіалу Головного центру спеціального контролю національного космічного агентства України (Макарів 1) в рамках договору про співробітництво між ГЦМК та геологічним факультетом Київського національного університету імені Тараса Шевченка. На даний час отримані дані про явища по всій землі за 2001–2011 рр. Після перезапису інформації в текстовий формат та відкидання неповних чи помилкових значень отримали масив даних про 51780 сейсмічних явищ. Ма-

сив містить: дату та момент (за всесвітнім часом) з точністю до 1 с, географічні координати епіцентру явища (довготу та широту з точністю до мінути дуги), глибину  $H$  (з точністю до 1 км), магнітуду  $M$  та розрахункову інтенсивність явища (з точністю до 0.01).

Крім природних явищ ГЦСК реєструє сейсмічні явища техногенного походження. Для них у графах магнітуди, глибини та розрахованої інтенсивності в першоджерелах стоять значки "-". В нашому масиві ці значки замінені нулями. Зрозуміло, що дослідження зв'язку техногенних явищ із параметрами Місяця саме по собі не має сенсу. Однак, такі явища потрібні для контролю значимості залежностей природних явищ із місячними параметрами, що буде використано нижче.

#### 2. Попередній аналіз масиву.

**2.1 Розподіл за магнітудою.** Попередній аналіз масиву сейсмічних даних варто починати з загального розподілу кількості явищ за величиною магнітуди  $M$ . Даний розподіл наведено на рис. 1.

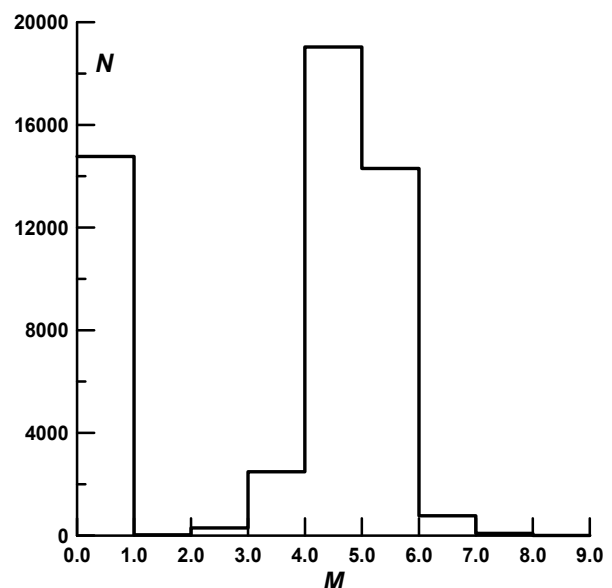


Рис. 1. Розподіл загальної кількості сейсмічних явищ за величиною магнітуди