

УДК 504.05:551.351(477.9)

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

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОГО ОСАДКОНАКОПИЧЕННЯ НА ШЕЛЬФІ ЧОРНОГО МОРЯ

Проаналізовані умови осадконакопичення, зміна яких в останні десятиліття тісно пов'язана зі зростанням стоку біогенних речовин і переходом від евтрофної до гіпертрофної фази розвитку басейну. Геохімічні наслідки забруднення виявлені в літній активізації відновних умов, зниженні рН осадків, наявності місцевого сірководню.

Ключові слова: геохімічні процеси, гіпертрофікація, шельф

Кравчук А. О. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

В работе проанализированы условия осадконакопления, изменение которых в последние десятилетия тесно связано с возрастанием стока биогенных веществ и переходом от эвтрофной к гипертрофной фазе развития бассейна. Геохимические последствия загрязнения проявлены в летней активизации восстановительных условий, снижении рН осадков, наличии местного сероводорода.

Ключевые слова: геохимические процессы, гипертрофикация, шельф

Kravchuk A. O. ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ASPECTS OF MODERN SEDIMENTATION ON THE SHELF OF THE BLACK SEA

This work is analysed of conditions of a sedimentation has shown, that their changes are connected to increase of an outlet of biogenic matters and transferring from eutrophic to hypertrophic phase of development of basin at last decades. The geochemical consequences of pollution on a shelf are shown in summer activization of reduction conditions, decrease pH of deposits, presence of aboriginal hydrogen sulphide.

Key words: geochemical processes, hypertrophication, shelf

Вступ

Накопичення донних відкладів шельфу контролюється складною взаємодією геологічних, фізико-географічних, біологічних і техногенних чинників. Осадова товща грає роль субстрату, що забезпечує функціонування морських екосистем. Тому актуальність досліджень полягає в спостереженні загальних закономірностей сучасних міграційних процесів в морському середовищі, які складають основу еколого-геохімічного районування шельфової області, особливо при зберіганні високого рівня надходження відходів господарської діяльності.

Залежність геоекологічної обстановки на шельфі від різноманітних чинників розглянута згідно із принципами структуризації аквальної комплексу [9, 10, 13]. Однорідні аквальні комплекси визначаються певним сполученням факторів фізико-хімічної міграції (окисно-відновних, кислотно-лужних умов, а також типоморфних елементів у воді та донних осадках). А. Д. Хованський та

О. Ю. Мітропольський [12] виділяють такі типи геохімічних середовищ:

- *Обстановка киснева* (з окисними умовами у воді та донних осадках), слаболужна (із типоморфними іонами Na^+ , Cl^- , Fe^{3+}) характерна для пісків і алевритів гідродинамічно-активної прибережної зони;

- *Обстановка киснево-глієва* (з окисними умовами у воді та відновними глієвими - в осадках), слаболужна (із типоморфними іонами Na^+ , Cl^- , Fe^{2+}) формується в межах ареалів черепашників, алевритових і пелітових мулів;

- *Обстановка киснево-сірководнева* (з окисними умовами у верхніх горизонтах водної товщі, що замінюються в придонних водах і осадках відновними сірководневими), слаболужна (із типоморфними Na^+ , Cl^- , H_2S) виділяється на континентальному схилі і в глибоководній частині Чорного моря.

Трансгресивна природа шельфової області встановлюється по основних формах субаерального палеорельєфу, що збері-

гаються під товщею морських осадків. В рельєфі шельфу виділяються уступи на двох рівнях, які досить чітко узгоджуються з положенням прибережної, середньої і зовнішньої зон шельфу. Прибережна (верхня, або внутрішня) зона відбивається в рельєфі платоподібних ділянок – Одеської, Дністровської, Будацької, Тендрівської на глибинах до 20-25 м. Середня зона займає другу батиметричну щабель до глибин 50-60 м, де зберігаються реліктові зниження палеорельєфу (зокрема, долина Палео-Дніпра), а зовнішня (нижня) зона умовно виділяється при подальшому перегині дна.

Розвиток теригенної седиментації у внутрішній (прибережній) зоні шельфу ілюструється визначенням змін гранулометричного спектру донних осадків на уздовжбереговому профілі між Дунаєм і Дніпро-Бугським лиманом. Просторове розмежування осадків різного складу свідчить про вплив різноманітних джерел живлення і неоднорідність умов надходження речовини. Домінуюча роль тонкорозмірних класів осадків на ділянці Дунай-Шагани обумовлена масовим осадженням річкової суспензії на узмор'ї Дунаю. Піщані осадки на ділянці Шагани-Іллічівськ формуються при вірогідній участі теригенного матеріалу з алювіальних відкладів пліоцен-четвертинного віку. В свою чергу, переважаання алевритової складової в осадках ділянки Іллічівськ – Очаків пов'язане з абразією товщі лесоподібних суглинків, широко розвинутих в береговому обрамленні. Ці особливості визначають своєрідний гранулометричний контроль розвитку сучасних процесів та впливають на локалізацію ареалів забруднення в прибережній зоні.

Динаміка водної товщі визначає розмежування аквальних мезокомплексів прибережної, середньої і нижньої зон шельфу, що різняться за інтенсивністю гідрогенного впливу. Визначення геоecологічних умов в окремих зонах базується на уявленнях про динамічно-активний і динамічно-пасивний розвиток седиментаційного процесу [6, 14]. Динамічно-активний режим в прибережній зоні супроводжується накопиченням піщано-псефітових осадків і виносом алеврито-пелітового матеріалу за межі хвилевого поля. Динамічно пасивне осадження тонкої суспензії (нефелоседиментація) переважає в безхвилевому полі серед-

ньої та нижньої зон, де нефелоїдні осадки подані пелітовими й алеврито-пелітовими мулами. Локально цей процес спостерігається при змішуванні прісних і морських вод на бар'єрі «річка-море», а також в напівзамкнених акваторіях лиманів та портів. В цілому, гранулометричне фракціонування седиментаційного матеріалу визначає циркуляційний розподіл теригенних відкладів на шельфі і є важливою складовою в механізмі самоочищення прибережної зони.

До критеріїв розмежування аквальних мезокомплексів шельфу Чорного моря віднесені також особливості стратифікації поверхневих, проміжних і глибинних шарів водної товщі. Сезонна мінливість динаміки і властивостей поверхневих вод впливає на зниження потоків кисню в придонні горизонти і є причиною нестабільності параметрів середовища в сучасних умовах.

Біотичні компоненти шельфової області відіграють визначальну роль у формуванні складу і властивостей донних відкладів шельфу. До найбільше розвинутих механізмів концентрування речовини в шельфовій області Чорного моря відноситься біогенне карбонатонакопичення. Великі поля черепашників займають значну частину внутрішнього і середнього шельфу і перекривають ареали поширення теригенних відкладів різноманітних гранулометричних класів. Деяке зниження кількості біогенних карбонатів просліджується лише в товщі мулів біля західних берегів Криму, у депресіях палеодолини Дніпра, а також на узмор'ї Дністра і Дунаю.

Негативні наслідки забруднення в останні десятиріччя супроводжувалися помітними змінами у складі планктонних і бентосних угруповань, що обумовило необхідність розрізнення двох фаз трофності в еволюції сучасної екосистеми Чорного моря [2]. Евтрофна фаза збалансованого розвитку проіснувала до кінця 60-х років, після чого замінилася гіпертрофною фазою. Збільшення стоку біогенних речовин в сучасних умовах обумовило надзбагачення середовища живильними речовинами, інтенсивний розвиток фітопланктону та активне споживання кисню при розкладанні органічних залишків. Для процесів первинного продукування, споживання і деструкції живої речовини характерна сезонна циклічність (літній максимум і зимовий мінімум). Влітку

мінливість геохімічних умов пов'язана із мозаїчним зародженням осередків гіпоксії та сірководневим зараженням придонних вод, що розширюються при масовому отруєнні бентосних організмів. Динамічні зміни обумовлені посиленням фізико-хімічної і біогенної міграції в мілководних районах моря, що складають елементарні аквальні комплекси шельфу.

Стресові ситуації на північно-західному шельфі Чорного моря, що виникають під дією природних і техногенних чинників, супроводжуються різноманітними змінами життєдіяльності організмів, наприклад морфологічними деформаціями та сульфідизації черепашок форамініфер. Так механізм порушень, що виникають при низьких рН, вивчений французькими дослідниками [15]. Штучні розчини були підготовлені з мікрофільтрованою морською водою, рН якої був знижений додаванням соляної кислоти від 7.5 до 6.0. Експеримент проводився з представниками виду *Ammonia beccarii*. При зниженні рН черепашки ставали

непрозорими в результаті поверхневих змін. Декальцифікація прогресивно розвивалася по всій черепашці, спочатку знищуючи більш тонкі останні камери. Відносну стійкість до розчинення зберігають лише інтерлокулярні стінки. При низьких рН черепашка може бути цілком зруйнована, після чого залишається тільки цитоплазма, закрита внутрішнім органічним шаром. Частково розчинена черепашка в розчині з нормальним рН піддавалася повторній мінералізації. Відновлення черепашки супроводжувалося, в більшості випадків, морфологічними аномаліями. Такі самі ефекти спостерігалися під час наших досліджень.

Таким чином, пріоритетність геологічного підходу забезпечується застосуванням літолого-геохімічних та мікропалеонтологічних методів для визначення еколого-геохімічних умов осадконакопичення на шельфі Чорного моря, рівнів забруднення і токсичності донних осадків.

Матеріали і методи

Робоча схема польових досліджень передбачала відбір, документацію і підготовку аналітичних проб. Абіотичні параметри морського середовища вивчені за результатами хімічних аналізів донних осадків (більш 500 станцій), виконаних при геоекологічних зйомках шельфу Чорного моря в 1990-1999 роках [4, 8].

Проби води для гідрохімічних аналізів були відібрані скляними батометрами ємністю 6 літрів на двох горизонтах - біля поверхні моря й у придонному шарі. Гідрохімічні параметри вод (температура, солоність, рН, концентрація кисню) вивчені на борту судна по стандартних методиках [7].

Проби донних осадків відібрані дночерпачем типу «Океан» із площею захоплення 0,25 м². Зразки консервувалися в скляних або пластикових ємностях і групувалися по видах лабораторних досліджень.

Для мікрофауністичного аналізу

проби тарованого об'єму відбиралися в поверхневому шарі осадків потужністю до 2 см, промивалися на ситах із розміром комірок до 0,063 мм, після чого консервувалися в буферній суміші 4% розчину формаліну і 20 г/л Na₂B₄O₇. Відділення живих форамініфер від мертвих провадилося після обробки зразків барвником «Бенгальська троянда» [4]. Індикаторні властивості бентосних форамініфер вивчені на основі таксономічного, морфологічного і мінералогічного аналізів із залученням методів оптичної мікроскопії, скануючої електронної мікроскопії і рентгенівської дифрактометрії.

Концентрації хімічних елементів у донних осадках і водянній товщі для більшості проб визначені методом атомно-абсорбційної спектrophотометрії на установці ААС-2. Аналізи виконані у відповідності зі стандартними вимогами [11].

Результати та обговорення

Наслідки гіпертрофікації виявляються в порушенні циркумзональної структури геохімічних обстановок, характерних для збалансованого розвитку Чорного моря. Се-

зонна дестабілізація фізико-хімічних умов у поверхневому шарі осадків підтверджується спостереженнями в 1996-1998 р. (рейси НДС «Паршин»). При дослідженнях сезонної

мінливості параметрів рН і Eh поверхневого шару осадків, нами було зафіксовано загальне зниження рН і Eh осадків в літній період на більшій частині шельфу (рис. 1-3).

Мінімальні значення водневого показника (менше 7) характерні для осадків приустьєвого району Дунаю. Фронт загального зниження рН поширюється в літню пору до східного узбережжя шельфу. Досить стабільний

режим (рН 7,3...7,8) зберігається в осадках північного флангу шельфової області, а також в Каркінітській та Каламітській затоках. Менше чітко виявлена зональна зміна окисно-відновних умов в осадковій товщі. Мозаїчний розподіл значень Eh осадків після зимового сезону замінюється фронтальним розширенням ареалів низького потенціалу Eh від приустьєвих районів крупних річок регіону (рис. 3).

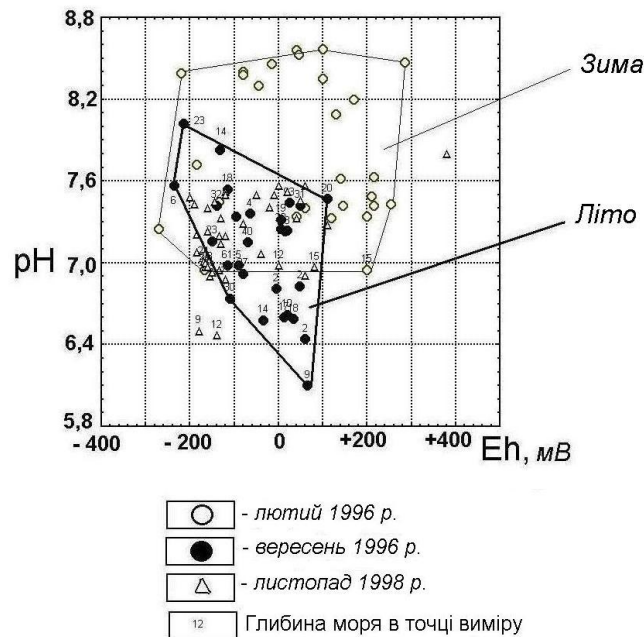


Рис. 1 – Мінливість параметрів рН-Eh поверхневого шару осадків північно-західного шельфу Чорного моря (рейси НДС «Паршин»)

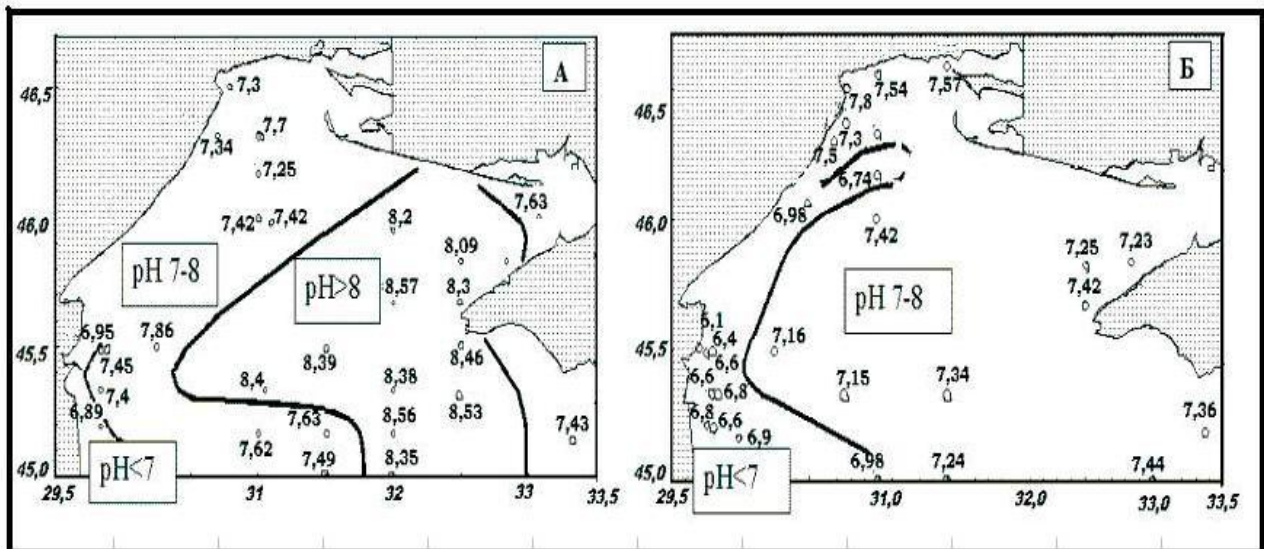


Рис. 2 – Значення рН поверхневого шару донних відкладів північно-західного шельфу Чорного моря в лютому (А) та серпні (Б) 1996 року (НДС «Паршин», рейси 19-20)

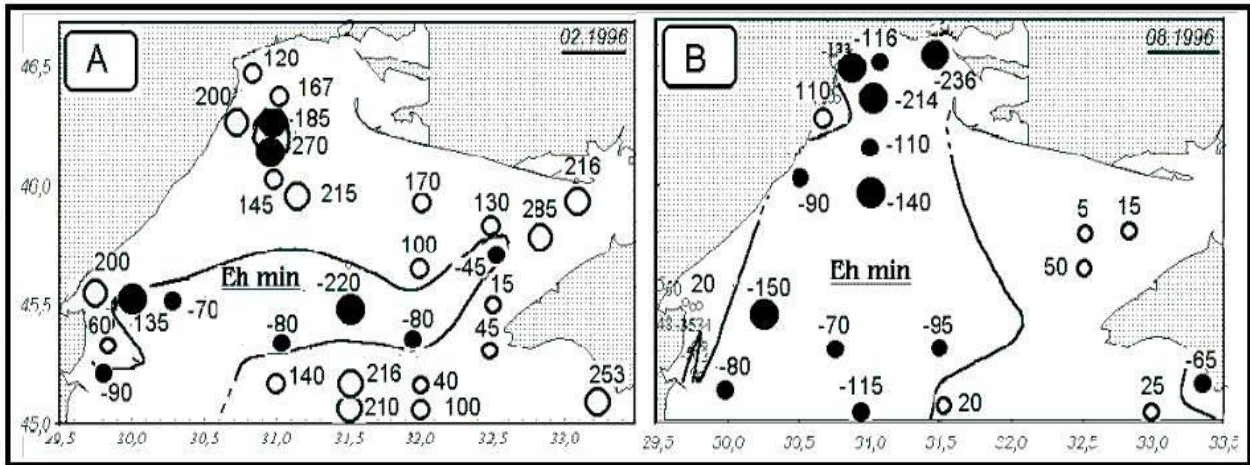
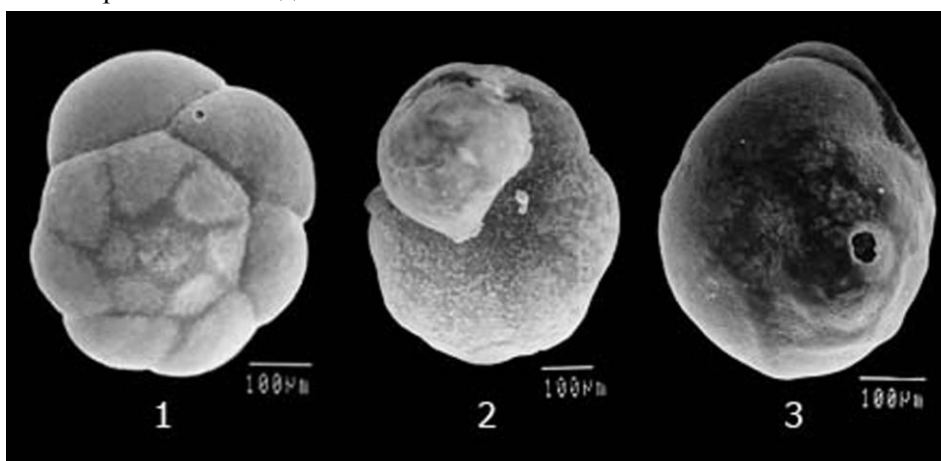


Рис. 3 – Значення Eh (mV) поверхневого шару донних відкладів північно-західного шельфу Чорного моря в лютому та серпні 1996 року (НДС «Паршин», рейс 19-20)

Геохімічні процеси впливають на підвищення частоти фенодевіантів в досліджуваному районі. Серед причин недорозвинення камер варто враховувати зниження солоності в період весняного повіддя [3]. Крім того, порушення нормального розвитку камер форамініфер часто пов'язане зі слабкою кальцифікацією або наступним ушкодженням слабо отверділих фрагментів черепашки. Літня активізація геохімічних процесів в прибережній зоні Чорного моря супроводжується зниженням рН осадків до значень порядку 6. В умовах слабокислого середовища варто очікувати помітне погіршення життєдіяльності

організмів із карбонатною функцією. Тому спостерігалась декальцифікація форамініфер при зниженні рН до 6 в осадках біля дельти Дунаю (рис.4).

Як правило, нестійкість фізико-хімічних умов в осадках помітна на ділянках шельфу з підвищеним вмістом ряду елементів. Наприклад, концентрації 6 металів (Cr, As, Hg, Cu, Zn, Pb) перевищують кларковий рівень накопичення в донних осадках району Дунаю. Зв'язок із техногенною складовою стоку найбільше очевидний для ділянки Одеського порту, де рівень концентрації металів (в перерахунку на один елемент) досягає 3,5-5,5 кларків (рис. 5-A).



1-нормально розвинута черепашка;
2-декальцифікація черепашки, вздуття останньої камери у вигляді «пухлини»;
3- відсутність скульптури в зв'язку з розчиненням черепашки при низьком рН.

Рис. 4 – Приклади розчинення черепашок бентосних форамініфер *Ammonia tepida* при низьком рН (Чорне море, р-н дельти Дунаю)

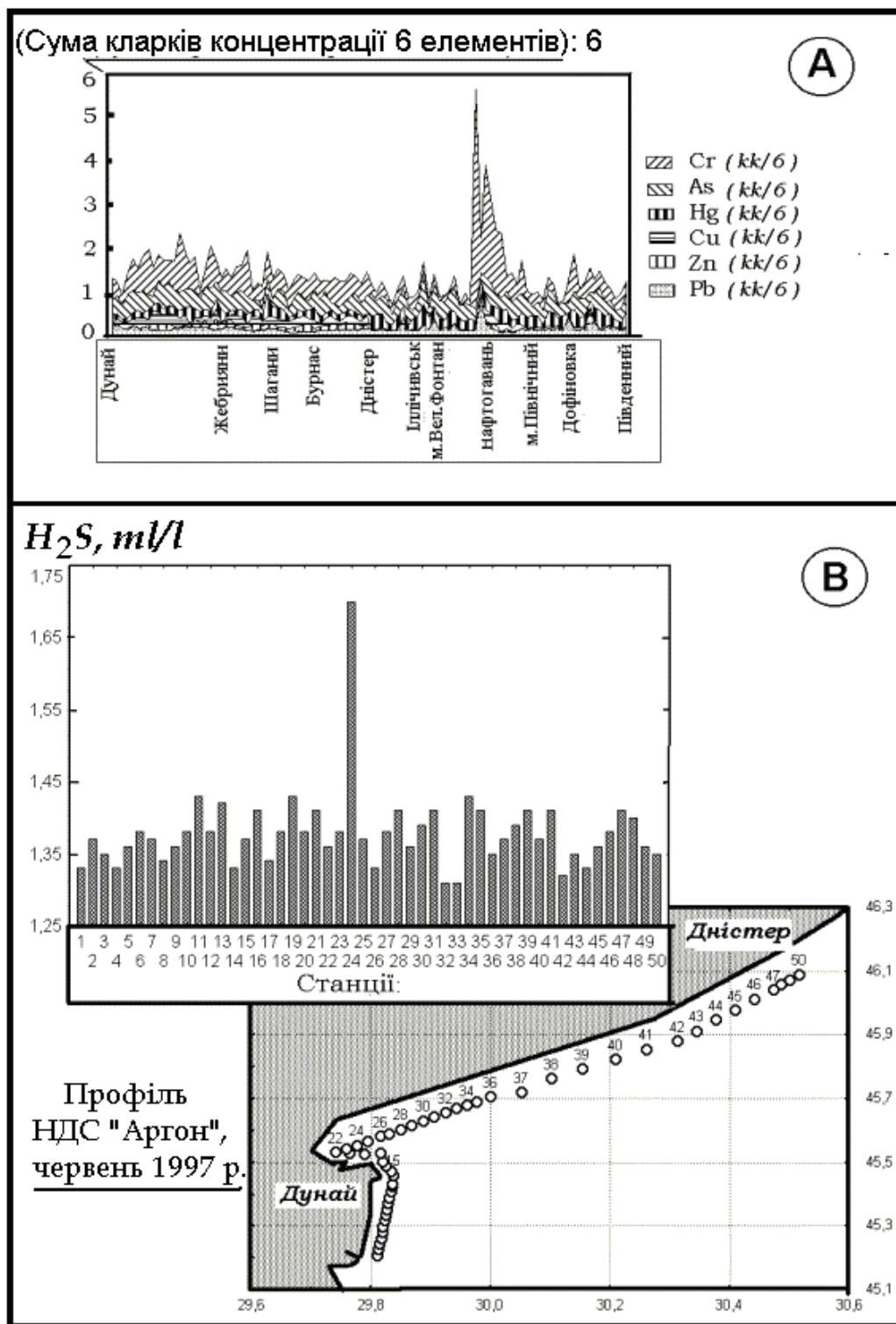


Рис. 5 – Рівні концентрацій важких металів в донних відкладах прибережної зони (A) та вміст сірководню в придонних водах межиріччя Дунай-Дністер в червні 1997 року (B).

Літня активізація геохімічних процесів в західних і центральних районах шельфу супроводжується перетворенням форм перебування і перерозподілом речовини в метастабільному поверхневому шарі осадків.

Вплив біотичних факторів на сезонну зміну геохімічного оточення пов'язаний із мозаїчним зародженням осередків гіпоксії та наступним сірководневим зараженням придонних вод, ареали якого розширюються при масовому отруєнні бентосних організмів. Динамічність фізико-хімічної і біогенної міграції обумовлена активною геохімічною роллю органічної речовини в літню пору. Внаслідок інтенсивного споживання кисню при розкладанні органічних залишків в мілководних районах моря виникають відновні сірководневі умови. Процес активізується в травні на мілководді і поширюється до глибин 30-40 м. В липні - серпні на ділянках, уражених гіпоксією, виникає сірководневе зараження. При згонних вітрах заражені сірководнем води зміщаються до берега і на глибині менше 3 м виходять до поверхні. Концентрації сірководню до 2 мл/л зберігаються на шельфі під сезонним термокліном протягом 1 - 3 місяців [1].

Під час рейсу НДС «Аргон» в серпні 1997 року наявність сірководню в придон-

них водах відзначено на всіх станціях уздовжберегового профілю Дунай-Дністер (рис. 5-В). Сульфідотворення в донних осадках розвивається у відновному оточенні на фоні інтенсивного материкового стоку і високої біологічної продуктивності водної товщі. Цей процес ускладнюється дією техногенних чинників, що порушують фізико-хімічні параметри міграційних процесів в шельфовій області [5]. Сульфідизація форамініфер в прибережній зоні свідчить про розвиток редуційних процесів і появу місцевого сірководню в умовах гіпоксії. Встановлено, що аномальна сульфідизація форамініфер співпадає з ареалами органічного забруднення та скиданням господарських відходів (мис Великий Фонтан, Одеська затока), або з наслідками евтрофікації водної товщі (мис Аджияск, узмор'я Дунаю) [4]. Мозаїчне посилення сульфідотворення на граничному рівні (50-70% видів) є типовим для звалищ північної частини шельфу.

В усіх випадках сульфідизація узгоджується зі зниженням видової розмаїтості живих форамініфер, що свідчить про формування абіогенних зон біля джерел забруднення.

Висновки

Елементарні аквальні комплекси шельфу Чорного моря відрізняються високою динамічністю зміни еколого-геохімічних умов. Перехід від евтрофної до гіпертрофної фази розвитку шельфової області пов'язаний із багаторічним посиленням забруднення морського середовища і, в першу чергу, зростанням стоку біогенних речовин.

Проведені дослідження свідчать про те, що сезонна зміна геохімічного оточення порушує стійкість міграційних процесів на шельфі. Незбалансованість седиментаційних і діагенетичних процесів, характерна для гіпертрофної фази розвитку басейну, виявляється в нестабільності парагенетичних зв'язків хімічних компонентів донних осадків. Стресові ситуації на північно-західному шельфі

Чорного моря, що виникають під дією природних і техногенних чинників, супроводжуються різноманітними змінами морфології та сульфідизації черепашок форамініфер.

Таким чином, практичне значення отриманих результатів полягає в комплексній оцінці геоекологічної обстановки в шельфовій області на єдиній методичній основі, а аналіз сучасного осадконакопичення та геохімічних особливостей міграційних процесів в умовах забруднення північно-західного шельфу Чорного моря, а також застосування бентосних форамініфер для оцінки екологічно напружених районів шельфу може скласти основу оперативного контролю техногенних порушень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Виноградов М. Е. Верхняя граница сероводородных вод и тенденция изменения глубины

ее залегания в Черном море. / М. Е. Виноградов. // Океанология. – 1991. – Т. 31, вып.3. – С. 414 - 420.

2. Зайцев Ю. П. Экологическое состояние шельфовой зоны Черного моря у побережья Украины. / Ю. П. Зайцев. // Гидробиол. журн. – 1992. – Т. 28, №4. – С. 3 – 18.
3. Кешмен Д. Фораминиферы: Пер. с англ./ Д. Кешмен – М. –Л.: ОНТИ, 1933. – 459 с.
4. Кравчук Г. О. Сульфідизація бентосних форамініфер як прояв сучасних змін геоекологічних умов на північно-західному шельфі Чорного моря./ Г. О. Кравчук. // Н/ж «Геология и полезные ископаемые Мирового океана». – К.:ОМГОР НАНУ, 2011 – №2(24) – С. 55-61.
5. Кравчук О. П. Геотоксикология морской среды. / О. П. Кравчук, В. П. Пунько, В. Н. Каду-рин, И. А. Сучков– Одесса: Астропринт, 1996. – 216 с.
6. Павлидис Ю. А. Фации шельфа. / Ю. А. Павлидис, Ф. А. Щербаков– М.: ИО РАН, 1995. – 151 с.
7. Руководство по методам химического анализа морских вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 204 с
8. Свертилов А. А. Физико-химические факторы миграции тяжелых металлов в донных осадках Северо-западного шельфа Черного моря/ А. А. Свертилов, Ю. М. Деньга, Л. Н. Хапченко, Д. А. Свертилов, А. В. Чугай, А. О. Кравчук. // Метеорология, климатология и гидрология. – 1999. – Вып. 37. – С. 71-78.
9. Усенко В. П. Методологічні принципи дослідження геоекосистеми Чорного моря. / В. П. Усенко, А. Ю. Митропольський // Геология в XXI столітті: Шляхи розвитку та перспективи. – К.: Знання, 2001. – С. 298 – 311.
10. Фесюнов О. Е. Геоэкология северо-западного шельфа Черного моря. / О. Е. Фесюнов– Одесса: Астропринт, 2000. – 97 с.
11. Химический анализ морских осадков / Отв. редактор Э. А.Остроумов. – М.: Наука, 1980. – 210 с.
12. Хованский А. Д. Ландшафтно-геохимическое районирование Черного моря. / А. Д. Хованский, А. Ю. Митропольский // Стратиграфия и корреляция морских и континентальных отложений Украины. – К.: Наукова думка, 1987. – С. 123 –134.
13. Шуйський Ю. Д. Типи берегів Світового океану./ Ю. Д. Шуйський – Одеса: Астропринт, 2000. – 479 с.
14. Шуйський Ю. Д. Абразія та її роль в осадоутворенні на північно-західних берегах Чорного моря. / Ю. Д. Шуйський, М. Ф.Ротар. // Геология узбережжя і дна Чорного та Азовського морів у межах УРСР. – К.: КГУ, 1975. – № 8. – С. 58 – 66.
15. Geslin E. Abnormal texture in the wall of deformed tests of *Ammonia* (Hyaline foraminifer). / E.Geslin, J.-P. Debenay, M. Lesourd // Journal of Foraminiferal Research. – 1998. – №28 (2). – P. 1–17.

Надійшла до редколегії 20.09.2012

УДК 911+504.567

О. М. ГОГОЛЬ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

61022 Харків, пл. Свободи, 6

alek20082008@ukr.net

МІСЦЕ ГІДРОХІМІЧНОГО СТАНУ ПЕЧЕНІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА У ЗАГАЛЬНОМУ БАЛАНСІ ЕКОСИСТЕМИ

На основі десятирічних досліджень гідрохімічних показників у Печенізькому водосховищі встановлено, що кисневий режим загалом задовільний, концентрації галогенорганічних пестицидів та триазінових гербіцидів у воді нижче гранично-допустимих концентрацій. На сьогодні перевищення гранично допустимих показників води Печенізького водосховища спостерігається по міді та хрому. Печенізьке водосховище неблагополучне на лігулідозну інвазію починаючи з 1991 року. За паразитологічними показниками виявлена найбільша концентрація хворої риби у Кулаківській і Артемівській затоці та придамбовій ділянці. Небезпечних для людини агентів, а саме хімічних сполук, радіоактивних ізотопів понад МДР не виявлено. Виявлені можливі джерела які суттєво впливають на баланс екосистеми Печенізького водосховища, в т.ч. воду, а також окреслені шляхи вирішення проблемних питань, покращення екосистеми водосховища.

Ключові слова: Печенізьке водосховище, гідрохімічні показники, кисневий режим, пестициди, паразитологічні дослідження, екосистема

© Гоголь О. М., 2012