

УДК 504.054:502.53(477.71)

Г. О. КРАВЧУК, канд. геол. наук

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОРУШЕНЬ НА СТРУКТУРУ УГРУПОВАНЬ БЕНТОСНИХ ФОРАМІНІФЕР ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ

Розглянуто можливості біоіндикації донних відкладів в районах стійкого забруднення шельфової області. Залежність розвитку гідробіонтів від змін геоecологічного оточення на досліджуваній площі вивчена починаючи з загальної оцінки стану угруповань форамініфер, до внутрішньоіндивідуальних флуктуацій ознак окремих організмів. Встановлено, що інтегральні показники ступеня виживання бентосних форамініфер об'єктивно відбивають загальні закономірності сучасних змін геоecологічних умов на шельфі.

Ключові слова: геоecологічна обстановка, бентосні форамініфери, біоіндикація

Possibilities of bioindication of ground adjournment in areas of proof pollution of shelf area are considered. Dependence of development hydro biontes from changes of a geoecological environment on the investigated area is studied since the general estimation of a condition of communities foraminiferae before intraindividual fluctuations of signs of separate organisms. It is set, that the survival degree integral indexes of benthic foraminifer objectively reflect general conformity to the law of modern changes of geoecology terms on a shelf.

Keywords: geoecological situation, benthic foraminifera, bioindication

Рассмотрены возможности биоиндикации донных отложений в районах стойкого загрязнения шельфовой области. Зависимость развития гидробионтов от изменений геоecологического окружения на исследуемой площади изучена начиная с общей оценки состояния сообществ фораминифер до внутрииндивидуальных флуктуаций признаков отдельных организмов. Установлено, что интегральные показатели степени выживания бентосных фораминифер объективно отражают общую закономерность современных изменений геоecологических условий шельфа.

Ключевые слова: геоecологическая обстановка, бентосные фораминиферы, биоиндикация

Сучасна нестабільність геоecологічної обстановки на шельфі Чорного моря потребує оперативного реагування на різні стресові ситуації, починаючи від систематичних проявів великомасштабної евтрофікації до залпового скидання отруйних відходів. Універсальним індикатором середовища в цих умовах є бентосні форамініфери, аномалії розвитку яких відбивають наявність токсичних ефектів *in situ*.

Актуальність досліджень полягає у тому, що характеристика структури бентосних угруповань забезпечується аналізом природних популяцій, від стійкості яких залежить зберігання окремих видів і нормальне функціонування екосистем в цілому. Видова розмаїтість форамініфер, а також співвідношення живих і мертвих форм в структурі бентосних угруповань відбивають закономірності сучасного розвитку морського середовища. Комплексні дослідження рецентної мікрофауни, донних осадків і водяної товщі проведені на 59 станціях в районі від дельти Дунаю до Дніпро-Бугського лиману. Індикаторні особливості бентосних форамініфер в сучасних осадках шельфу Чорного моря вивчались на ділянках біля Дністровського лиману (полігон 981),

острова Зміїний і дельти Дунаю (полігон 982), між портом Іллічівськ і Дніпро-Бугським лиманом (полігон 993). Базовий матеріал для режимних мікрофауністичних спостережень складає характеристика таксономічного складу і структури (співвідношення таксонів) бентосних угруповань.

Методика вивчення форамініфер включає: відбір зразків, сепарування, консервація і підготування до аналізу, виділення форамініфер, таксономічна ідентифікація, морфологічний аналіз, біомінералогічні дослідження і математична обробка результатів.

Відразу, після надходження проби на борт судна, випробування проводилося в трьох повторностях, а також включало відбір матеріалу для контрольних і додаткових досліджень.

Попереднє фракціонування проб здійснювалося на борту судна для видалення псефітових і пелітових компонентів. Зразки промивалися в забортній воді на ситах із мінімальним розміром комірок 0,063 мм, після чого консервувалися в буферній суміші 4% розчину формаліну і $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Окремий зразок з непорушеною структурою зберігався в тому ж розчині як дублікати для контрольних аналізів.

Фракціонування піщано-алевритової складової осаду, в якій концентруються раковини форамініфер, проводиться після обробки зразків біологічним барвником "Бенгальська троянда". Живі форми відрізняються від субфосильних наявністю цитоплазми, яка після обробки барвником набуває рожевого кольору [2]. Відділення живих форамініфер від субфосильних і викопних форм у розмірних фракціях проводилося 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.

Для стратиграфічних і палеогеографічних досліджень достатньо вивчення форамініфер в піщаній фракції. При вирішенні таксономічних і екологічних задач рекомендується перегляд фракції крупного алевриту для виявлення ювільних та пригноблених форм [1].

Мікроскопічні дослідження живих, субфосильних і викопних форамініфер проведені за допомогою стандартного біокулярного мікроскопу. Таксономічні визначення форамініфер уточнювалися при вивченні колекцій в Палеонтологічному музеї Одеського національного університету.

Ідентифікація таксонів проведена на підставі аналізу морфологічних і метричних ознак (розміри раковини, кількість камер, оборотів спіралі). Детальні дослідження черепашок форамініфер проведені в лабораторії електронної мікроскопії Тель-Авівського університету.

Кількісна характеристика форамініфер полягає у підрахунках чисельності (F_s) та концентрації (P_s %) кожного нижчого таксона в зразках визначеної ваги, із конкретно просторовою або стратиграфічною прив'язкою [4].

Чисельність (F_s) екземплярів кожного виду обчислюється як сума живих і мертвих особин. Подібним чином встановлюється сумарна чисельність форамініфер усіх видів, що витягаються з проби. Узагальнені кількісні характеристики комплексів форамініфер відбивають склад (набір нижчих таксонів) і структуру (процентне співвідношення таксонів у комплексі). Для опису таксонів, що входять у комплекс, залучаються різноманітні показники.

Загальна кількість екземплярів даного виду (K) визначається в абсолютних цифрах або у відсотках і характеризує роль виду (підвиду) у комплексі. Види або група видів із найбільшою кількістю особин у комплексі виділяються як домінуючі, із найменшим числом – акцесорні, а ті, що займають по чисельності проміжне по-

ложення, – звичайні. Домінуючі види формують ядро комплексу, акцесорні визначають його розмаїтість.

Зустрічальність даного виду по латералі (B) обчислюється у відсотках від кількості вивчених місцезнаходжень. Зустрічальність характеризує ступінь поширення виду на досліджуваній площі. В залежності від зустрічальності виділяються види широко розповсюджені (зустрічальність 50% і більше), часті (49-10%), рідкісні (9-1%) і одиничні (менше 1%). Види, присутні у більшості місцезнаходжень району або стратиграфічного інтервалу, є характерними для цих умов. Характерні види виконують роль індикаторів достатньо вузьких меж серовища заселення або віку.

Результати та обговорення В межах трьох районів робіт ідентифіковано 10 родин, 15 родів і 25 види бентосних форамініфер, із яких до аглютинуючих форм належать 6 видів. Максимальною видовою розмаїтістю відрізняється родина *Elphidiidae* (включає 2 підродина, 8 видів), *Rotaliidae* (4 види), *Miliolidae* (4 види). Інші родини нараховують 1-2 види. Поширення родини *Miliolidae* контролюється глибиною басейну і обмежується окремими станціями. Аглютинуючі форамініфери подані, як правило, одиничними екземплярами *Ammobaculites ponticus* Mikhalevich, *Discammina imperspica* Janko.

На початку досліджень автором зроблена спроба визначити зміни видового складу бентосних угруповань за останні десятиріччя. На жаль, при детальному розгляді встановлено, що порівняння матеріалів різних років не можна вважати коректним. Головною перешкодою для зіставлення даних є різна система відбору проб (на минулих етапах робіт переважало випробування скважин відробуріння). Поряд із цим, встановлені деякі тенденції до зміни фауністичних комплексів для району Одеської затоки [1]. В порівнянні з попередніми дослідженнями, домінуючі групи організмів свідчать про появу і широке розповсюдження на глибинах 7-19 м відносно глибоководних видів – *Ammonia compacta* (Hofker) та *Porosonion martkobi martkobi* Bogdanowicz. Це явище не має однозначного пояснення, але простежується деяка аналогія з поведінкою інших організмів.

При подальшому розгляді звертаємося до більш виправданих в методичному відношенні оцінок видової розмаїтості організмів. Зокрема, оптимальною характеристикою популяційних вибірок служить співвідношення живих і мертвих форамініфер, що розглядається як

універсальний показник «виживаності», зазвичай, прийнятий за основу в практиці екотоксикологічних досліджень [3]. Цей принцип дозволяє розмежувати три основні рівня екологічних порушень:

- вітальний (нешкідливий), при наявності не менше 70% видів живих організмів;
- сублетальний (граничний) із збереганням 50-70% видів живих форм;
- летальний (критичний), коли 30-50% живих організмів зберігаються при небезпечному,
- при катастрофічному оточені менше 30%.

Показник вітальності або ступеня виживання (L_v) в графічній формі визначається на діагностичній діаграмі, що будується в координатах «види живих - загальне число видів форамініфер». Стандартна градація рівнів виживання фіксується ізолініями на графіку, що спрощує оперативну оцінку ситуації при будь-якому обсязі мікрофауністичних даних.

Прикладом експресної індикації морського середовища служить визначення стану Одеської затоки у вересні 1999 року (рис.1). Зниження видової розмаїтості форамініфер до дуже небезпечного рівня (менше 30%) відзначено на станції 99-2 у підхідному каналі Іллічівського порту. Небезпечне зниження

вітальності бентосних форамініфер до значень 30-50% встановлено на звалищах біля Іллічівського порту (станції 99-1 і 99-3), на виході каналізаційних вод біля мису Великий Фонтан (станція 99-5) і на рейді Одеського порту (станція 99-9). Граничний рівень виживання (50-70%) виділяється біля мису Ланжерон на південному фланзі Одеського порту (станція 99-8) і на рейді порту Південний. Нерівномірний ступінь виживання форамініфер у травні 1998 року простежувався біля Дністровської банки та в районі острову Зміїний (рис.2).

Зниження видової розмаїтості живих форамініфер до граничного рівня відзначено на 30% станцій біля устя Дністра. Штормова погода в період спостережень обумовила інтенсивне перемішування морських вод. Поряд із цим, відносна однорідність водної товщі в районі робіт не мала помітного впливу на мозаїчну мінливість заселення бентосних організмів на початку літнього сезону.

Видова розмаїтість живих форамініфер в районі острову Зміїний знижується при переході від зони пелітових мулів узмор'я Дунаю до донних відкладів Мідієвого поля (станції 98-111, 98-137 і 98-410).

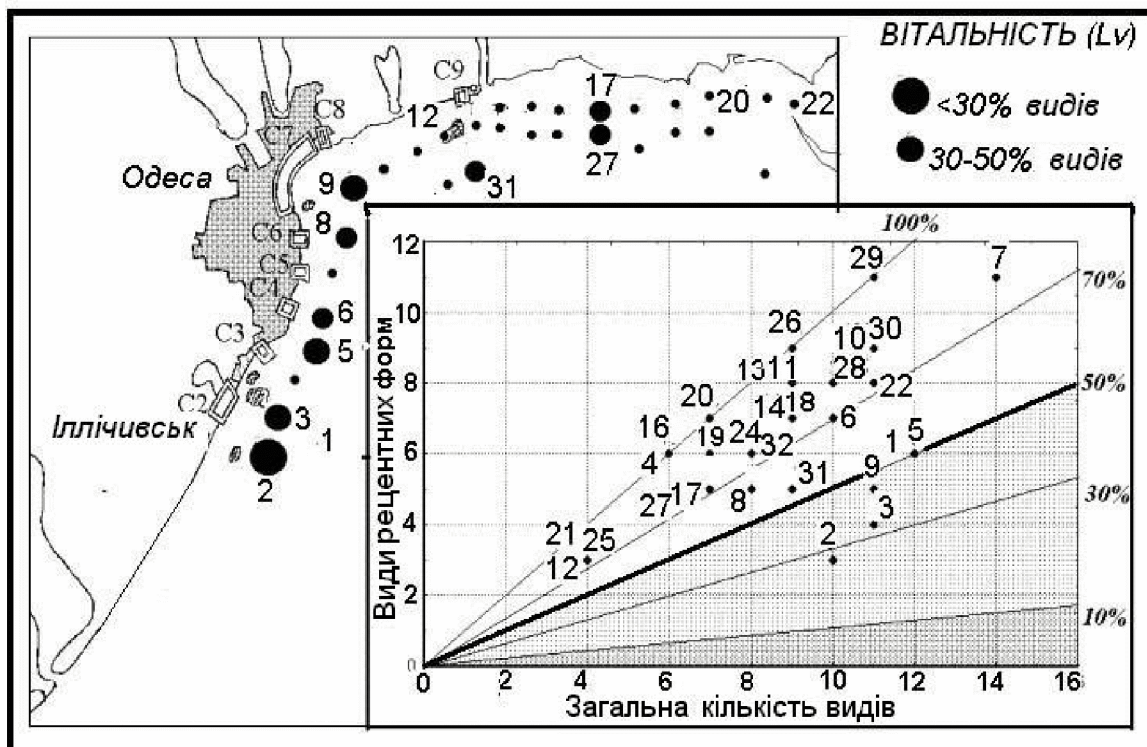


Рисунок 1 – Співвідношення видів живих та мертвих форамініфер району Іллічівськ – Одеса – Очаків (полігон 99-3). В полі діаграми показані номери станцій та ізолінії стандартних показників “ступеня виживаності”. На схемі відображено зниження виживаності форамініфер відносно пунктів скидання стічних вод (C1-C9) та звалищ промислових відходів.

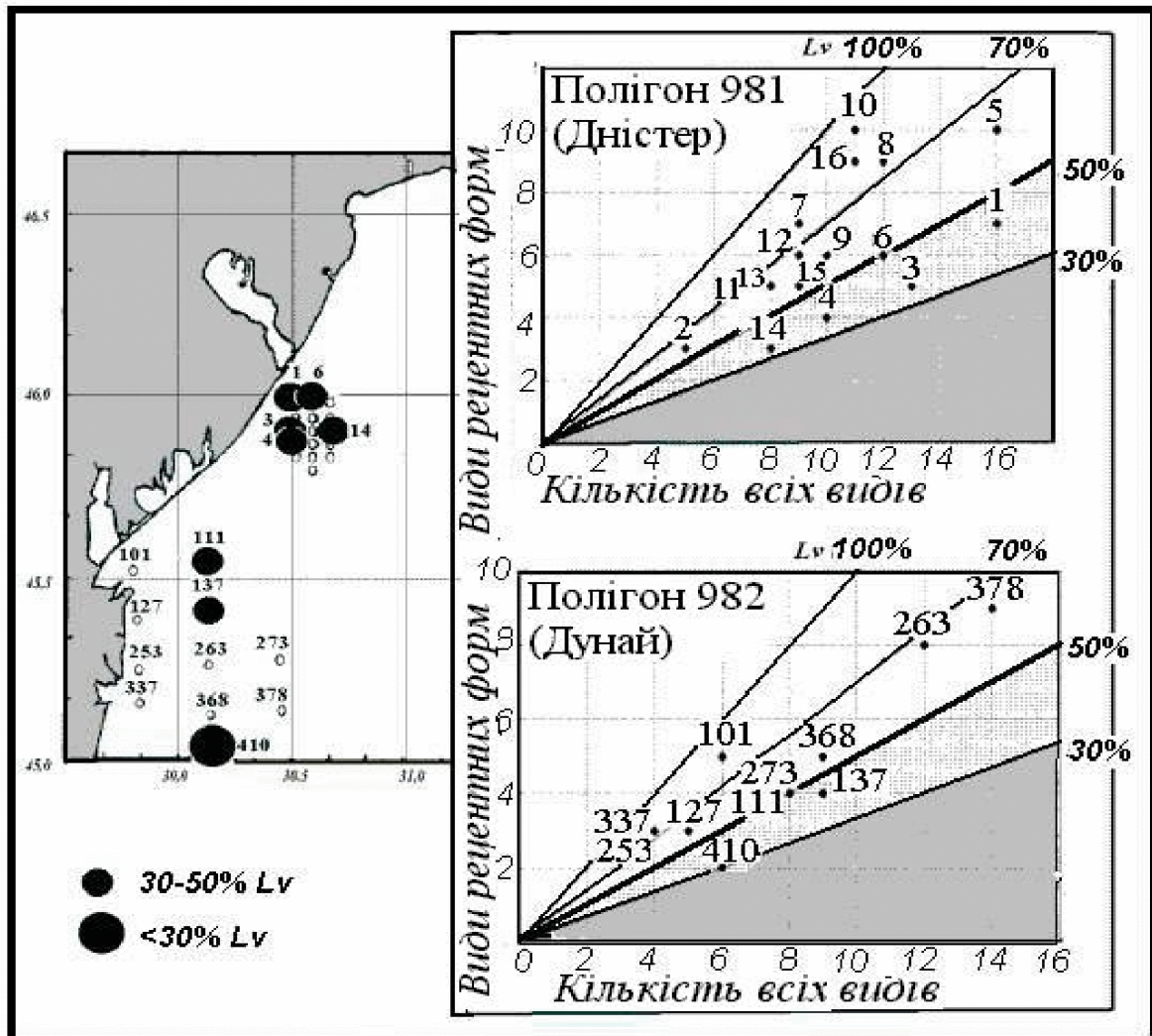


Рисунок 2 – Співвідношення видів живих і мертвих форамініфер в пригирлевих районах Дністра (полігон 981) та Дунаю (полігон 982). На графіках фіксуються порогові та небезпечні рівні виживаності (Lv) бентосних організмів за стандартною схемою екотоксикологічних досліджень.

Зменшення виживання видів до граничного і небезпечного рівнів фіксується в межах субмеридіонального профілю (рис.2), що відповідає фронтальній зміні геохімічного впливу Дунаю на бентосні організми.

У домінуючу групу форамініфер району Одеської затоки входить ряд видів, виявлених більш ніж на 50% станцій. Ядро комплексу складають 9 видів форамініфер – *Ammonia tepida* (Cushman), *Elphidium caspicum* Mayer, *Criboelphidium poeuanum* (d'Orbigny), *Haynesina anglica* (Murray), *Porosonion martkobi martkobi* Bogdanowicz, *Ammonia compacta* (Hofker), *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen et Earland), *Ammonia ammoniformis* (d'Orbigny), *Porosonion martkobi ponticus* Janko.

Комплекс форамініфер району Дністровської банки включає 7 домінуючих видів - *Ammonia tepida* (Cushman), *Ammonia compacta* (Hofker), *Porosonion martkobi martkobi* Bogdanowicz,

Nonion matagordamus Kornfeld, *Haynesina anglica* (Murray), *Canalifera parkerae* (Janko), *Elphidium ponticum* Dolgopolskaja et Pauli. В донних осадах району острова Зміїний домінують 4 види - *A. tepida*, *A. compacta*, *P. martkobi martkobi*, *N. matagordamus*.

Важливим аспектом аналізу зустрічальності форамініфер є виділення індикаторних організмів, що мають повсюдне поширення і зберігають стійкість розвитку в різноманітних природних умовах. Для вирішення цієї задачі побудована діаграма відносної зустрічальності видів у трьох районах шельфової області (рис. 3). Поля біля вершин трикутної діаграми містять види, поширені переважно на одному із полігонів. В центральній частині графіка відокремлюється група видів, із відносно близькою зустрічальністю на всій площі, що досліджено. До складу цієї асоціації форамініфер включаються *A. t*

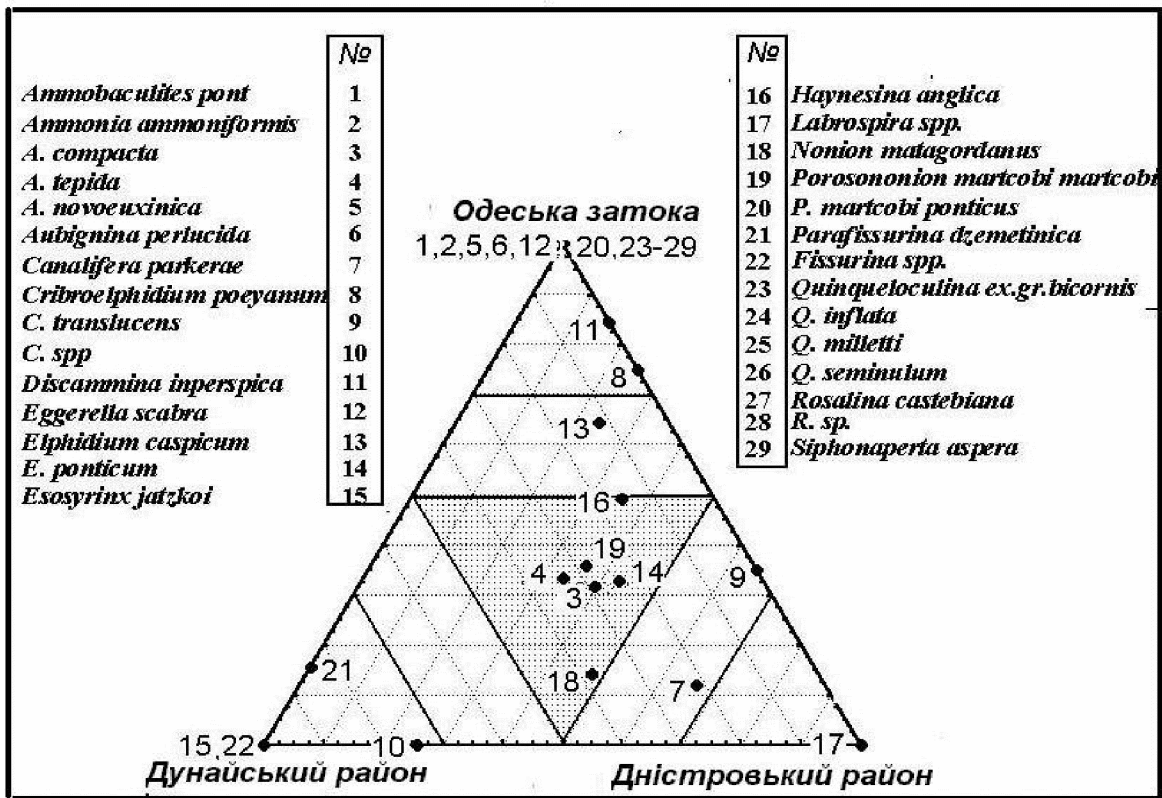


Рисунок 3 – Відносна зустрічальність форамініфер в процентах від кількості місцезнаходжень видів на окремих ділянках шельфу та визначення характерних для всіх районів організмів. (Індекси трикутної діаграми відповідають номерам реєстру видів в таблиці)

tepida, *A. compacta*, *P. martcobi martcobi*, *E. ponticum*, *H. anglica*, *N. matagordanus*

Для регіональних досліджень важливі перші три види, що мають найбільше високі показники частоти зустрічальності і щільності розподілу в різноманітних районах шельфу.

Повсюдно домінуюча *Ammonia tepida* є євритопним видом, що припускає зміну абіотичних параметрів у широкому діапазоні (зокрема, солоності і глибини). Подібні євритопні види найменш залежні від географічного поширення, що важливо при порівняльному вивченні забруднення окремих районів.

Висновки Аналіз співвідношення видів живих і мертвих форамініфер належить до найбільше простих варіантів інтегральної оцінки стану донних біоценозів. Більш детальні уявлення про зміни бентосних угруповань формуються при кількісних визначеннях окремих груп організмів.

Зустрічальність бентосних форамініфер на різноманітних ділянках шельфової області контролюється складною взаємодією природних і техногенних чинників. Зміна числа місцезнаходжень окремих видів викопної фауни залежить від довгострокового впливу найбільше стійких параметрів середовища. В свою чергу, відсутність успадкованого форму-

вання структури бентосних угруповань для живих форм відбиває ефекти короточасних порушень умов заселення.

В процесі дослідження встановлено, що інтегральні показники ступеня виживання бентосних форамініфер об'єктивно відбивають загальні закономірності сучасних змін геоекологічних умов на шельфі.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. Кравчук А. О. Новый принцип оптимальной оценки техногенных нарушений в морской среде / А. О. Кравчук, О. П. Кравчук // Минералогия в Одесе на меж тысячелетий. – Одеса, 2000.
3. Патин С. А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана / С. А. Патин – М.: Пищ. Промышл., 1979. – 304 с.
4. Yanko-Hombach V. Benthic foraminifera of intercontinental basins: Implication for pollution monitoring / Yanko-Hombach V., Bresler V., Motnenko I., Avsar N., Kravchuk A. // Second International Conf. Applications of Micro- and Meioorganisms to Environmental Sciences. - Winnipeg (Canada). – 2000.

Надійшла до редколегії 24.04.2010

