

УДК 627:574(262.5)

НАКОПИЧЕННЯ НАФТОВИХ ВУГЛЕВОДНІВ МАСОВИМИ ВИДАМИ ЧОРНОМОРЬСЬКИХ МОЛЮСКІВ В УМОВАХ ПОРТОВИХ АКВАТОРІЙ

Соловійова О.В., Тихонова О.А.

*Інститут біології південних морів НАН України, Севастополь, Україна
E-mail: kozl_ya_oly@mail.ru*

Проведено порівняльний аналіз процесів накопичення нафтових вуглеводнів масовими видами моллюсків прибережної зони моря та їхньої участі в процесах самоочищення портів акваторій. Отриманий склад вуглеводнів свідчить про присутність у моллюсках як автохтонних так і алохтонних вуглеводнів. Досліджені моллюски приймають активну участь в їх трансформації і мають різну здібність к їх накопиченню, про що свідчить отриманий діапазон n-алканів – найширший у абри (до C₃₆) і майже однаковий у насаріусів і мідій (до C₂₃ і C₂₄ відповідно). Моллюски, що мешкають на досліджених гідротехнічних спорудах, витягують із морської води значну кількість (3,1 т/р) нафтових вуглеводнів.

Ключові слова: портові акваторії, гідротехнічні споруди, прибережна зона, нафтові вуглеводні, самоочищення, макрозобентос.

ВСТУП

У відповідності зі стратегічним планом дій по охороні Чорного моря (1996) серед основних видів антропогенного впливу виділені: забруднення моря біогенними речовинами, бактеріальне й нафтове забруднення.

Нафта та нафтопродукти, що потрапили в поверхневі води вступають у загальний ланцюг складних і мало досліджених по тривалості процесів (у тому числі і переробка фільтраторами), у результаті яких вони втрачають плавучість, осаджуються на дно і накопичуються у донних осадах, де відбувається їх подальше перетворення вже за участю донної біоти. Частіше ці компоненти концентруються поблизу гідротехнічних споруд різного функціонального призначення. Берегозахисні гідротехнічні конструкції, у випадку забезпечення їхньої біопозитивності, можуть виступати повними аналогами штучних рифів і здатні суттєво поліпшувати якість водного середовища за рахунок інтенсифікації процесів природного самоочищення [1–4]. Найбільший вклад в ці процеси вносить мікробіальне угруповання, а також масові види моллюсків [5, 6]. Якщо ролі мідій, які в умовах севастопольських бухт створюють щільні поселення на цих спорудах, у процесі трансформації нафтових вуглеводнів приділено певну увагу, то інформації про перетворення цих речовин такими масовими і достатньо стійкими до нафтового забруднення мешканцями морських ґрунтів як *A. segmentum* та *N. reticulatus* або відсутня або її замало.

Тому, метою роботи є оцінка ролі масових видів молюсків штучних субстратів різного типу і рихлих ґрунтів в процесах самоочищення в прибережній зоні моря.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Матеріалом дослідження були проби обростання (із них відбирались мідії – *Mytillus galloprovincialis* Lam. та мітілястери – *Mytelaster lineatus* Gmel.), зібрані з поверхні гідротехнічних споруд севастопольського узбережжя, у період з 2004 по 2010 рр., а також проби макрозообентосу, зокрема моллюсків абра – *Abra segmentum* (Récluz, 1843), насаріус – *Nassarius reticulatus* (L., 1758), і донних осадів, відібраних у севастопольських бухтах у період з 2006 по 2008 рр. Було досліджено мітілідне обростання південного молу Севастопольської бухти; східного молу, що обмежує Камишову бухту зі сторони мису Східний; підводної частини набережної Севастопольської бухти на відріжку між мисами Миколаївським та Кришталевим.

Проби бентосних молюсків і донних осадів відбирали на 12 станціях б. Севастопольської з глибин від 7 до 17 м у рамках багаторічного моніторингу відділу морської санітарної гідробіології у 2006 р., в б. Стрілецькій - щомісяця протягом 2008 р. Проби відбирали в трьох повторностях дночерпаком Петерсена з площею захвату 0,038 м². Молюски цілком готувалися попередньо для хімічного аналізу по [7]. Для отримання усереднених результатів в аналізі використовували всіх відібраних молюсків представлених розмірних груп (для абри від 8 до 20 мм, для насаріуса від 18 до 25 мм, для мітілід відповідні дані брали з літературних джерел [8, 9, 10]). Кількість нафтових вуглеводнів (НВ) визначалась методом інфрачервоної спектрометрії (ІЧ) по [11], нормальних алканів – газової хроматографії [12].

Оцінка участі мідій і мітілястерів у трансформації потоків НВ проводилася аналогічно до зроблених раніше розрахунків [8], коли приймалося, що моллюски затримують біля половини нафти що знаходиться у воді [10]. Передбачалося, що мітілястери взаємодіють з НВ подібно мідіям. Сумарний потік НВ на молах розраховувався за середньою чисельністю й розмірним складом молюсків на цих спорудах, які дозволили розрахувати по [13, 14] об'єми води, що фільтрують мітіліди. Користуючись інформацією про концентрацію НВ в воді на різних горизонтах глибин в районі вказаних гідротехнічних споруд [15], а для районів, для яких така інформація відсутня - приймали концентрацію НВ рівною ПДК=0.05 мг/л [16], було зроблено оцінку кількості нафти, що затримують мідії та мітілястери.

Для статистичної обробки матеріалу використовувався однофакторний дисперсійний аналіз (перевірка вірогідності розходження двох вибірок проводилася за критерієм Фішера при $\alpha=0,05$), кореляційний аналіз.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Численні лабораторні дослідження показали, що водні організми можуть накопичувати нафтові вуглеводні (НВ) із морської води, з донних відкладень, а також із харчових об'єктів. За результатами наших досліджень визначено також, що розподіл НВ в донних осадах [7] відповідає розподілу НВ у бентосних організмах Севастопольської бухти: мінімальні величини – в її вершині (середня концентрація

становить $9,8 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$ пов.-сух. реч-ни), максимальні – в центральній частині (середня концентрація – $50,4 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$ пов.-сух. реч-ни). При цьому на виході з бухти їх вміст близький до значень центральної частини (в середньому – $43,6 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$ пов.-сух. реч-ни).

При цьому частина з них потрапляє в мантийну рідину молюска, а решта розподіляється по тканинах і органах. Тому нами було проведено дослідження метано-нафтової фракції НВ в мантийній рідині абри, а також проаналізовано аналогічні данні про мідії.

У літературі було відзначено, що у мідій, зібраних як в забрудненій акваторії, так і в чистій акваторії, нормальні алкани не виявлені [9], тоді як за нашими даними, в мантийній рідині абри зафіксовані н-алкани в діапазоні C_{10} - C_{18} в 100 % проб. Аналогічні дані були отримані нами і для асцидій, відібраних одноразово з системи гідробіологічного очищення вод в акваторії Нафтогавані (Севастопольська бухта). Виявлений діапазон C_{11} - C_{18} відповідає діапазону нафтопродуктів, що потрапляють в акваторію що досліджена [17].

Відсутність же нормальних алканів в мантийній рідині мідій може бути пов'язано або з їх малими кількостями, які не були зафіксовані приладом, що використовували для аналізу, або з летючістю легкої фракції вуглеводнів. Так, в експериментальних умовах при додаванні дизельного палива в морську воду в акваріум з мідіями, у молюсків, відібраних як в чистій, так і в забрудненій акваторії були зафіксовані вуглеводні з низькою температурою кипіння (C_{10} - C_{12}). При цьому концентрація н-алканів даного діапазону в мантийній рідині мідій з чистої акваторії після їх витримування в дизельному паливі на протязі доби була вище, ніж в мантийній рідині мідій із забрудненої акваторії. В мантийній рідині абри, як було вже вказано раніше, вуглеводні C_{10} , C_{11} , C_{12} відмічені у 100 % проб, тоді як C_9 – у 60 %, а октан C_8 – отримано на одній хроматограмі, при цьому його кількість була максимальною серед усіх визначених вуглеводнів. Їхня присутність в пробах морських гідробіонтів може свідчити про недавнє потраплення свіжої нафти, оскільки вона, зазнавши впливу зовнішніх факторів, протягом одного – двох днів втрачає легколетучі компоненти (C_8 - C_{10}) [17].

Розраховані нами характеристики розподілу н-алканів в мантийній рідині *A. segmentum* показують, що відношення концентрацій н-алканів з непарним і парним числом атомів С у мантийній рідині *A. segmentum* не перевищує 1,5, а в 46% випадків – менше 1. Оскільки відомо, що для незабруднених проб цей показник перевищує 2,0, то отриманий нами свідчить про забрудненість проби нафтопродуктами [17].

Найбільш широкий діапазон нормальних алканів відзначено в абрах (зафіксовані н-алкани до C_{36}), тоді як у насаріуса найменший діапазон – до C_{23} . Що стосується мідій, то раніше в літературних джерелах [9] вказувалося, що найширший діапазон н-алканів від C_{12} до C_{24} , відзначений у даного виду молюсків із забрудненої акваторії, практично відповідає виявленому діапазону н-алканів у насаріуса.

У деяких пробах були відсутні н-алкани з C_{13} і C_{17} , а також прописувався ізомер C_{14} . Забруднені проби НВ абри і насаріуса характеризувалися також домінуванням

вуглеводнів з парним числом атомів вуглецю C_{12} , C_{14} , C_{16} . Однією з ознак нафтового забруднення досліджених проб є наявність на хроматограмах нерозкладного фону і низький коефіцієнт СРІ [10], який складає в середньому для абри, насаріуса, мантийної рідини абри 0,48, 0,85, 0,82 відповідно.

Що стосується передачі нафтових вуглеводнів по харчовому ланцюгу (ще одного способу переробки і відповідно трансформації нафтових вуглеводнів), то в лабораторних умовах встановлено [18], що суттєвої різниці у вмісті нафтопродуктів до і після годування абрами в організмах насаріусів-хижаків не виявлено. Однак, спостерігалось збільшення концентрації легких вуглеводнів C_9 , C_{10} , C_{12} (концентрація C_{11} не змінилася) і зниження вмісту більш важких вуглеводнів C_{14} - C_{16} .

Маючи дані про якісну трансформацію НВ моллюсками, можна переходити до потоків НВ. Оцінка кількості бентосних моллюсків, завдяки їх плямистому розподілу є непростю задачею, тому в цієї роботі обмежимося розрахунками, пов'язаними з мітілідними моллюсками гідротехнічних споруд, поселення яких досліджено нами більш детально.

Кількісний аспект потоків НВ можна простежити, використовуючи отримані раніше дані про характер мітілідного обростання великих гідротехнічних споруд Севастопольської акваторії [14]. Для більшої ясності наведемо деякі цифри. Інтенсивність потоків НВ на бетонних конструкціях у середньому вища, ніж на кам'яному накиді, і становить на бетонних тетраподах, накиді бетонних масивів і їхній кладці 228, 50 і 469 мг·доб⁻¹·м⁻² відповідно, а на кам'яному накиді – 22 мг·доб⁻¹·м⁻². Завдяки цьому, сумарний потік НВ через поселення мітілід на південному молі становить 1,5 т·рік⁻¹ (з них 1,2 на тетраподах і 0,3 т·рік⁻¹ – на каменях), на східному молі – 0,4, на підводній частині набережної – 1,2 т·рік⁻¹.

Таким чином, сумарна кількість НВ, яка седиментована мітілідами досліджених споруд складає близько 3.1 т/р, при щорічному надходженні в акваторію – порядку 200 т/р [19], що становить близько 1,5 %.

Крім механічного видалення нафтопродуктів, при проходженні через організм мідій також відбувається якісна зміна вуглеводневого складу нафти. Але, оскільки мідії не мають ферментів що розкладають вуглеводні, це явище пов'язують з діяльністю внутрішньої мікрофлори моллюсків [8], тобто ці процеси протікають більшою часткою в мантийній рідині двостулкового моллюска. Як вже вказувалося, н-алкани, що зафіксовані в організмі мідій, належать до діапазону C_{12} - C_{24} , тобто саме ці речовини підвергаються трансформації при проходженні через організми моллюсків. У забруднених мідій у порівнянні з контрольними зникають легкі вуглеводні C_{11} - C_{15} , дещо зменшується кількість C_{16} - C_{17} , а вміст алканів з більш високою молекулярною масою C_{18} - C_{13} збільшується. Тобто в мідіях накопичуються більш важкі фракції парафінової групи нафтопродуктів [5, 9].

ВИСНОВКИ

Отримані дані за якісним і кількісним складом нафтових вуглеводнів (а саме наявність легколетких фракцій н-алканів в мантийній рідині абри) в моллюсках показують, що видах моллюсків, що досліджені, присутні вуглеводні як алохтонного так і автохтонного походження, але дані види мають різну здібність к їх

накопиченню, про що свідчить отриманий діапазон н-алканів – найширший у абри (до C₃₆) і майже однаковий у нассаріусів і мідій (до C₂₃ і C₂₄ відповідно).

Показано, що найбільш інтенсивно процес трансформації НВ проходить у мантийній рідині молюсків, де цьому, скоріш за все, сприяють нафтоокислюючи мікроорганізми.

Кількісно показано, що молюски, що мешкають на гідротехнічних спорудах сприяють поліпшенню екологічного стану акваторії. Завдяки їхньої життєдіяльності із морської води витягується значна кількість (3,1 т/р) нафтових вуглеводнів, у тому ж числі н-алканів у діапазоні C₁₂-C₂₄.

Список літератури

1. Lok A. Turkey: a new region for artificial habitats / A. Lok, A. Tokac; Ed. by A. C. Jensen, K. J. Collins, and A. P. M. Lockwood // *Artificial Reefs in European Seas*, – Kluwer, 2000. – P. 21 – 30.
2. Spanier E. Artificial reefs off the Mediterranean coast of Israel / E. Spanier; Ed. by A. C. Jensen, K.J. Collins, and A. P.M. Lockwood // *Artificial Reefs in European Seas*. – Kluwer, 2000 – P. 1 – 19.
3. Александров Б.Г. Теоретические основы управления качеством водной среды с помощью твёрдых субстратов / Б.Г. Александров // *Доп. НАН Украины*. – 2001. – № 5. – С. 181 – 184.
4. Алёмов С. В. О создании искусственных поселений мидий в целях гидробиологической очистки морских нефтесодержащих вод / *Искусственные рифы для рыбного хозяйства* : Всес. конф., Москва, 2 – 4 декабря 1987 г. : тез. докл., – М., 1987. – С. 69 – 71.
5. Миронов О. Г. Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. 4: Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества / О. Г. Миронов. – Л. : Гидрометиздат, 1985. – 136 с.
6. Миронов О. Г. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке / Миронов О. Г., Кирухина Л. Н., Алёмов С. В. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003, – 185 с. – (НАН Украины, Институт биологии южных морей).
7. Тихонова Е. А. Определение нефтяных углеводородов в макрозообентосе Севастопольской бухты (Чёрное море) / Е. А. Тихонова // *Экология моря*. – 2008. – вып. 76. – С. 96 – 99.
8. Миронов О. Г. Потоки нефтяных углеводородов через морские организмы / О. Г. Миронов // *Морск. экол. журн.* – 2006. – Т. 5, № 2. – С. 5 – 14.
9. Миронов О. Г. Преобразование парафиновых углеводородов в желудке и мантийной жидкости мидий / О. Г. Миронов, Т. Л. Щекатурина // *Биологические науки*. – 1989. – № 1. – С. 71 – 75.
10. Щекатурина Т. Л. Углеводородный состав, его динамика и метаболизм у морских организмов / Т.Л. Щекатурина // *Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды*. – К. : Наук. думка, 1988. – С. 186 – 234.
11. Методические указания «Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси». – М. : Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – 1996. – С. 18 – 26.
12. Шляхов А. Ф. Газовая хроматография в органической геохимии. – М. : Недра, 1984. – 222 с.
13. Миронов Г. Н. Фильтрационная работа и питание мидий Чёрного моря / Г. Н. Миронов // *Тр. Севастоп. биол. станции*. – 1948. – Т. 6. – С. 338 – 352.
14. Соловьёва О. В. Роль митилид (Mollusca: Mutilidae) в процессах самоочищения морской воды от нефтяных углеводородов / О. В. Соловьёва // *Экология моря*. – 2007. – вып. 73. – С. 91 – 100.
15. Губанов В. И., Клименко Н. П., Моница Т. Л. и др. Гидрометеорология и гидрохимия морей. 4: Чёрное море, вып. 3: Современное состояние загрязнения вод Чёрного моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1996. – 230 с.
16. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов / [Анисова С.Н., Лесников Л.А., Минаева Т.В., Ляшенко С.Ф.]. – М. : ВНИРО, 1990. – 46 с.
17. Тихонова Е.А. Передача нормальных алканов по цепи: донные осадки - *Abra segmentum* – *Nassarius reticulatus* / Е.А. Тихонова // *Экология моря*. – 2009. – вып. 78. – С. 91 – 93.

18. Тихонова Е.А. Исследование накопления и выведения нефтяных углеводородов моллюсками *Abra segmentum* в экспериментальных условиях / Е.А. Тихонова // Наук. записки Терноп. нац. пед. університету ім. В. Гнатюка. Серія: біологія. – 2010. – №3 (44). – С. 280 – 282.
19. Гордина А.Д., Ткач А.В., Севрикова С.Д. Реакция ихтиопланктона портовых зон Черного моря на антропогенное воздействие (на примере севастопольских бухт) // Гидробиологический журнал. – 1999. – 35. – №. 4. – С. 88 – 95.

Соловьёва О.В. Накопление нефтяных углеводородов массовыми видами черноморских моллюсков в условиях портовых акваторий / Соловьёва О.В., Тихонова Е.А. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С.178-185.

Проведён комплексный анализ процессов накопления нефтяных углеводородов массовыми видами моллюсков прибрежной зоны моря и их участия в процессах самоочищения портовых акваторий. Полученный состав углеводородов свидетельствует о присутствии в моллюсках как автохтонных, так и аллохтонных углеводородов. Исследованные моллюски принимают активное участие в их трансформации и имеют разную способность к их накоплению, о чём свидетельствует полученный диапазон n-алканов – самый широкий в абре (до C₃₆) и почти одинаковый в нассариусах и мидиях (до C₂₃ и C₂₄ соответственно). Моллюски, обитающие на исследованных гидротехнических сооружениях, извлекают из морской воды значительное количество (3,1 т/г.) нефтяных углеводородов, в том же числе n-алканов в диапазоне C₁₂ - C₂₄.

Ключевые слова: портовые акватории, гидротехнические сооружения, прибрежная зона, нефтяные углеводороды, самоочищение, макрозообентос.

OIL HYDROCARBONS ACCUMULATION BY THE DOMINANT BLACK SEA MOLLUSCS SPECIES IN CONDITION OF THE PORT WATER AREAS

Soloviova O.V., Tikhonova E.A.

*The A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern seas National Academy of Sciences of Ukraine, Sevastopol, Ukraine
E-mail: kozl_ya_oly@mail.ru*

In accordance to the Black Sea Protection Strategic Action Plan (1996) among the major human impact types were defined: marine nutrient pollution, bacterial and oil pollution. Oil and oil products that get into the water surface enter the general chain of complex and slightly studied processes (including processing by filter-feeders); as a result they lose their floatability, deposit on the bottom and accumulate in sediments, where they undergo further transformation by benthic biota. These components are often concentrated near the hydraulic structures of different functionalities. The largest contribution to these processes is carried by microbial communities and dominant mollusks species. The role in transformation of petroleum hydrocarbons by the mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lam.), which create dense settlements in the Sevastopol bays, has been studied before, while the information on oil transformation by such widespread and fairly resistant to oil pollution marine bottom inhabitants as *A. segmentum* and *N. reticulatus* is either absent or insufficient.

Thus, the purpose of the research was to assess the role of the dominant mollusks species of artificial substrates of different types and sediments in the process of self-purification in the coastal zone of the sea.

A comprehensive analysis of the oil hydrocarbons accumulation processes by the dominant mollusks species of the coastal zone and their participation in the self-purification processes in harbors was conducted. A new data that make significant contribution into the knowledge about self-purification of the marine environment from oil was obtained. It was ascertained that hydraulic structures that form additional substrates for mytilidae settlement, improve self-purification capacity of the sea coastal zone.

The data on the qualitative and quantitative composition of oil hydrocarbons (such as the presence of light volatile fractions of n-alkanes in the mantle fluid of *A. segmentum*) demonstrates that in the studied mollusks contain hydrocarbons of allochthonous and autochthonous origin. Studied mollusks have different accumulation capability, as it was shown the resulting range of n-alkanes was the widest in *A. segmentum* (to C₃₆) and almost the same – in *N. reticulatus* and mussels (C₂₄ to C₂₃ and respectively). It is shown that the most intensive oil hydrocarbons transformation process takes place in the mollusks' mantle fluid, due to the most significant presence of oil-oxidizing microorganisms. A significant amount of oil hydrocarbons (3.1 tone / year) including n-alkanes in the range C₁₂ – C₂₄ is extracted from the seawater as a result of the activity of these organisms.

Keywords: port water areas, hydrotechnical structures, coastal zone, oil hydrocarbons, self-purification, macrozoobenthos.

References

1. Lok A., Tokac A., Turkey: a new region for artificial habitats, *Artificial Reefs in European Seas* (Kluwer, 2000), p. 21.
2. Spanier E., Artificial reefs off the Mediterranean coast of Israel, *Artificial Reefs in European Seas* (Kluwer, 2000), p. 1.
3. Alexandrov B., Theoretical basis of water environment quality management using solid substrates, *Reports of National Academy of Sciences of Ukraine*, **5**, 181 (2001).
4. Alemov S., Creation of artificial mussels' settlement for marine hydrobiological cleaning oil-containing water Artificial reefs for fisheries, *All-Union. Conf. (Moscow, 1987)*, p. 69.
5. Mironov O.G., *Problems of the oceans chemical pollution. 4: Influence of oil and oil products on marine organisms and their communities*, 136 p. (Gidrometizdat, L., 1985).
6. Mironov O., Kiryukhina L., Alemov S., *Sanitary and biological aspects of Sevastopol bays ecology in the XX century*. 185 p. (Sevastopol, ECOSY-Hydrophysics, 2003).
7. Tikhonova E. A., Oil hydrocarbons determination in macrozoobenthos of Sevastopol bay (Black Sea), *Ecology of the Sea*, **76**, 96 (2008).
8. Mironov O., Oil hydrocarbon fluxes through marine organisms, *Marine. Ecol. Journal*, **5**, 5 (2006).
9. Mironov O.G., Schekaturina T.L., Conversion of paraffinic hydrocarbons in the stomach and hemolymph of mussels, *Biological sciences*, **1**, 71 (1989).
10. Schekaturina T., *Hydrocarbon composition, its dynamics and metabolism in marine organisms: Biological aspects of oil pollution of the marine environment*, 250 p. (K., Naukova Dumka, 1988).
11. Guidelines «Determination of pollutants in the marine bottom sediments and suspension», *Federal hydrometeorology and environmental monitoring service of Russia*. p. 18. (1996).
12. Shljahov A.F., *Gas chromatography in organic chemistry*, 222 p. (M., Nedra, 1984).

13. Mironov G., Filtration capacity and nutrition of the Black Sea mussels, *Proc. Sevastop. biol. station*, **6**, 338 (1948).
14. Soloviova O., The role of mussels (Mollusca: Mytilidae) in the processes of self-purification of the water from oil hydrocarbons, *Ecology of the sea*, **73**, 91 (2007).
15. Gubanov V.I., Klimenko N. P., Monina T. L. and oth., *Hydrometeorology and hydrochemistry of the sea. 4: Black Sea, iss. 3: Contemporary Black Sea pollution status.*, 230 p. (Sevastopol, ECOSY-Hydrophysics, 1996).
16. Anisova S., Lesnikov L., Minaeva T. and oth., *Generalized list of maximal permitted concentrations (MPC) and tentatively safe level of influence (TSLI) of harmful substances in the fish industry waters.* 46 p. (M., VNIRO, 1990).
17. Tikhonova E.A., Study of *Abra segmentum* oil hydrocarbons accumulation and excretion in experimental conditions, *Scientific Notes of Ternopol. nat. ped. university V. Hnatiuk. Series: Biology*, **3 (44)**, 280 (2010).
18. Tikhonova E.A., Normal alkanes transfer through the chain: bottom sediments – *Abra segmentum* - *Nassarius reticulatus*, *Ecology of the Sea*, **78**, 91 (2009).
19. Gordina A.D., Tkach A.V., Sevrikova S.D., Reaction of the Black Sea port water areas ichthyoplankton to the anthropogenic impacts (for example, the Sevastopol bays), *Hydrobiological journal*, **4**, 88 (1999).

Поступила в редакцію 16.01.2014 г.