

УДК 594.124:577.1(262,5)

## ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В МЯГКИХ ТКАНЯХ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА И СТАДИИ ЗРЕЛОСТИ ГОНАД

Челядина Н.С.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук  
Украины, Севастополь, Украина  
E-mail: chelydina2007@mail.ru

Показано, что содержание Cu в мягких тканях *M. galloprovincialis* зависит от линейных параметров, сезона, пола и стадии зрелости гонад моллюска. В мидиях с длиной раковины 30 и 50 мм в летний сезон, при интенсивном соматическом росте, содержание меди в мягких тканях выше (до 156 мкг/г), чем осенью (до 63,8 мкг/г). Коэффициенты вариации (CV %) концентрирования меди в мягких тканях самцов выше, чем у самок.

**Ключевые слова:** *Mytilus galloprovincialis*, концентрация меди, индивидуальная изменчивость, Чёрное море.

### ВВЕДЕНИЕ

Мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam., культивируемая в Чёрном море, является перспективным сырьём для пищевой, фармакологической и сельскохозяйственной промышленности. Мидии содержат микроэлементы, витамины, иммуномодуляторы, радиопротекторы и т.д. Однако, пригодность моллюсков для потребления регламентируется уровнем их загрязнения, одним из основных показателей которого является концентрация тяжёлых металлов в их тканях. Медь занимает особое место среди тяжелых металлов, являясь опасным токсикантом. Известно, что ионы Cu могут блокировать фосфатные и аминные группы в молекуле ДНК, изменять её структуру и быть потенциальным мутагеном. В то же время медь выступает как кофактор некоторых ферментативных систем, обеспечивая их функционирование [1].

Имеется обширная литература по изучению содержания меди в тканях моллюсков в зависимости от различных факторов окружающей среды и физиологического состояния моллюска [2–6]. Однако в этих работах анализировались обобщённые пробы мягких тканей, взятых от нескольких особей, при этом индивидуальная особенность отдельных организмов концентрировать микроэлементы не учитывалась. Исследования индивидуального содержания меди в мягких тканях моллюска могут быть полезны для оценки полиморфизма мидий, качества продукции фермы и возможности унификации продукции. Наличие в популяции изменчивости подтверждается фенотипическим разнообразием

признаков, связанных с генетической детерминацией [7, 8], поэтому окраску раковины моллюска необходимо учитывать при изучении биохимических характеристик *M. galloprovincialis*, в частности, при накоплении моллюсками тяжёлых металлов. Цель работы: изучение содержания меди в мягких тканях культивируемого *M. galloprovincialis* с длиной раковины 30 мм и 50 мм в зависимости от окраски раковины, пола и стадии зрелости гонад в летний и осенний периоды года.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальную часть работы проводили в летний и осенний периоды 2007 и 2010 гг. Мидии собирали с длиной раковины  $30,20 \pm 0,02$  мм и  $50,30 \pm 0,04$  мм с верёвочных коллекторов (глубина 3–4 м) экспериментальной мидийной фермы, расположенной в бухте Мартынова (г. Севастополь). Данный выбор позволил ограничить вариабельность моллюсков по длине раковины. Всего проанализировано 654 экземпляров.

В изучаемых размерных группах моллюсков определяли окраску раковины, пол, стадию зрелости гонад, вес мягких тканей, содержание Cu в мягких тканях. Окраску раковины моллюска определяли по методике, предложенной Драголи [9]. Для определения пола и стадии зрелости гонад использовали методику визуального изучения мазков гонад при помощи микроскопа МБИ-6. [10]. После определения пола и стадий зрелости гонад мидий, мягкие ткани отделяли от створки при помощи пластмассового ножа, удаляя мантийную жидкость. Мягкие ткани предварительно обсушивали фильтровальной бумагой и взвешивали на аналитических весах ВЛР–200. Индивидуальное содержание меди в мягких тканях определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии после кислотной минерализации, выражали в мкг/г сух. ткани [11]. Полученные результаты обрабатывали статистически [12].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее нами были проведены исследования индивидуального содержания меди в мягких тканях разноразмерных *M. galloprovincialis* в зависимости от пола моллюска и сезона года [13]. В настоящей работе проведён более глубокий анализ отмеченных закономерностей, а также показано влияние стадий зрелости гонад и окраски раковины на концентрирование меди мягкими тканями моллюсков.

С целью оценки индивидуальной изменчивости изучено содержание Cu в мягких тканях мидий двух размерных групп (рис. 1).

Моллюски более интенсивно накапливали Cu в мягких тканях в летний период, после весеннего нереста, в процессе соматического роста, что ранее отмечалось нами и другими авторами [11, 3, 14, 15]. Отмеченная закономерность, по-видимому, связана с гидролого-гидрохимическими особенностями акватории расположения фермы. В летний период года на взморье г. Севастополя часто отмечаются сгонные явления, после чего наблюдаются «вспышки» развития фитопланктона, который является аккумулятором соединений меди и других тяжёлых металлов, благодаря высокой площади поверхности организмов [16]. Сгонные явления способствуют

переходу меди из донных отложений в водную толщу [17, 14], а при разложении высокой биомассы фитопланктона в воду так же выделяются растворённые ионы меди. В летний сезон антропогенная нагрузка на акватории взморья г. Севастополя возрастает, это касается и токсичных металлов. Возможно, что и этот фактор внёс определённую роль в более высокое содержание меди в тканях мидий.

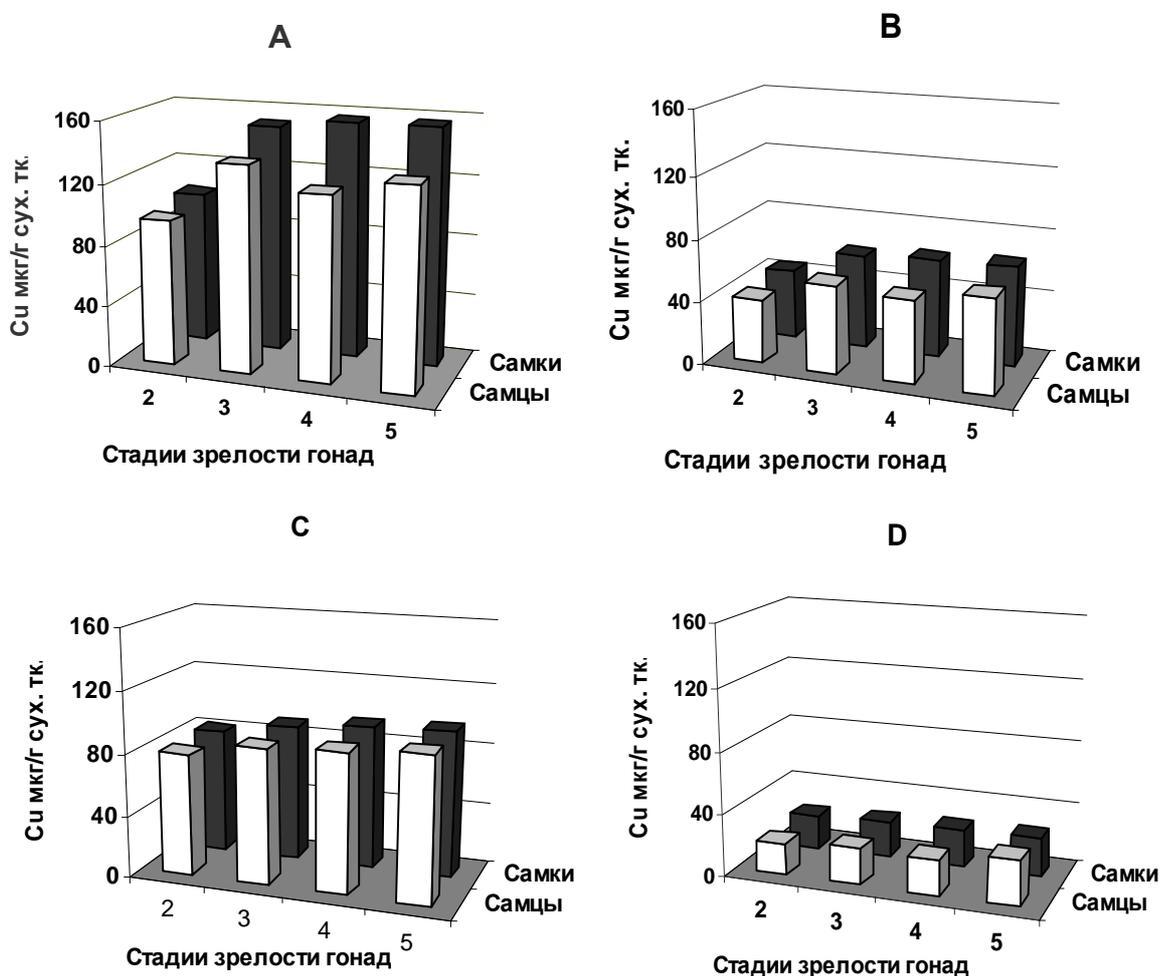


Рис.1. Концентрация Cu в мягких тканях самцов и самок *M. galloprovincialis* в зависимости от стадии зрелости гонад в разные сезона года (A – лето, 30 мм; B – осень, 30 мм; C – лето, 50 мм; D – осень, 50 мм).

При сравнении содержания Cu в мягких тканях молоди и взрослых особей наблюдалась более высокая способность мелких моллюсков накапливать Cu, что уже обсуждалось нами ранее [14]. У мидий с размером раковин 30 мм

энергетические процессы и фильтрационная активность протекают быстрее, чем у моллюсков товарного размера (50 мм). Этим, по-видимому, объясняется более высокое содержание меди в мягких тканях мидий мелкого размера. У самок обеих размерных групп, по сравнению с самцами, прослеживается тенденция к более высокому содержанию Cu, как в летний, так и осенний периоды года. Концентрация Cu в мягких тканях самцов и самок изменялась в зависимости от стадии гаметогенеза моллюсков, увеличиваясь на 3 и 4 стадиях зрелости гонад. К 5-ой, нерестовой, стадии, наблюдалась тенденция к небольшому увеличению или сохранению содержания Cu на одном уровне у самок и незначительному уменьшению его у самцов. Стабильное увеличение содержания меди у самок при переходе от 2-ой к 4-ой стадии репродуктивного цикла связано с ростом ооцитов в гонадах, при котором возрастает содержание липидов, низкомолекулярных белков и углеводов, с которыми медь образует прочные связи [18]. Стабилизация содержания меди в мягких тканях мидий или её уменьшение к 5-ой стадии (нересту), связана с выходом тяжёлых металлов, в частности меди, в морскую среду с половыми продуктами [19]. Противоположная картина по содержанию тяжёлых металлов в мягких тканях моллюсков в зависимости от сезона года получена для *Mytilus edulis* [20]. Авторы отмечали минимальное содержание меди в мягких тканях летом и возрастание её содержания к зиме. Такие различия в концентрировании меди моллюсками рода *Mytilus* связаны, по-видимому, с различиями в сезонности размножения изучаемых объектов. Известно, что *Mytilus edulis* нерестится летом и основной пик нереста приходится на начало июля [21], когда авторы и отмечали минимальное содержание микроэлемента в теле моллюска.

Рассчитаны коэффициенты вариации (CV) содержания Cu в мягких тканях мидий различного размера, пола и фена (табл. 1).

Таблица 1.

**Индивидуальная вариабельность содержания Cu  
в мягких тканях мидий разного размера, пола и окраски раковины**

Cu мкг*г <sup>-1</sup> сух массы ткани, CV±Δ CV, %				
Окраска раковины	30 мм		50 мм	
	♂	♀	♂	♀
Коричневая	70,8 ± 16,4	76,1 ± 14,0	51,0 ± 13,1	55,2 ± 10,2
	CV=52,9±19,1	CV=23,9±10,4	CV=58,5±21,7	CV=36,7±12,0
Чёрная	81,9 ± 21,8	86,1 ± 16,6	56,1 ± 13,5	63,3 ± 9,9
	CV=52,3±18,7	CV=25,5± 7,8	CV=54,9±19,7	CV=35,5±15,2

Показано, что коэффициенты вариации содержания меди в мягких тканях самцов и самок мидий обеих размерных групп высокие. Содержание Cu в мягких тканях самцов более вариабельно (табл. 1). При сравнении коэффициента CV можно отметить, что содержание Cu у особей товарного размера более вариабельно, чем у

мидий 30 мм размера. Отличий в вариабельности содержания меди в мягких тканях мидий в зависимости от окраски раковины не выявлены.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Индивидуальное содержание Cu в мягких тканях *M. galloprovincialis* зависит от размера, сезона, пола и стадии зрелости гонад моллюска.
2. В мидиях с длиной раковины 30 и 50 мм в летний сезон, при интенсивном соматическом росте, содержание меди в мягких тканях выше (до 156 мкг/г), чем осенью (до 63,8 мкг/г).
3. Содержание Cu в мягких тканях самцов варьирует больше (CV=57 %), чем у самок (CV=36 %).
4. Влияния окраски раковины на вариабельность содержания меди в мягких тканях мидий не выявлено.

#### Список литературы

1. Яцимирский К.Б. Изучение комплекса ионов меди с дезоксирибонуклеиновой кислотой / К.Б. Яцимирский, Е.Е. Крисс, Т. И. Ахrameева // Доклады академии наук СССР, 1966. – Т. 168, №4. – С 840–843.
2. Карасёва Е. М. Накопление тяжелых металлов в половых железах и соматических органах двустворчатых моллюсков / Е. М. Карасёва // Биология моря. – 1993. – № 2. – С. 66–67.
3. Саенко Г. Н. Металлы и галогены в морских организмах / Г. Н. Саенко – М.: Наука, 1993. – 252 с.
4. Akdogan S. Variations in trace metal content of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamark with season and size / S. Akdogan, M. Unsal // Tr. J. of Zoology. – 1993. – Vol. 17. – P. 117–125.
5. Nicholson S. Accumulation of metals in the soft tissues, byssus and shell of the mytilid *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) from polluted and uncontaminated locations in Hong Kong coastal waters / S. Nicholson, P. Szefer // Mar. Pollut. Bull – 2003. – Vol. 46. P. 1039-1043.
6. Viarengo A., Heavy metal effects on lipid peroxidation in the tissues of *Mytilus galloprovincialis* Lam./ A. Viarengo, L. Canesi, M. Pertica [et. al.] // Comparative Biochemistry and Physiology. – 1990. – Vol. 97. – P. 37–42.
7. Хорольская Е.Н. Изучение индивидуальной изменчивости *Pyrrhocoris apterus* в природных популяциях г. Сумы и г. Белгорода / Е.Н. Хорольская, И.В. Батлуцкая // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. – 2008. – 3, вып. 6. – С. 12–17.
8. Sukhotin A. Shell colors polymorphism and growth variability in *Mytilus* population / A. Sukhotin // Abstracts of 31 European marine Biology Symposium. – St. – Petersburg, Sept. 1996. – 1996. – p. 24.
9. Драголи Л.В. К вопросу о взаимосвязи между вариациями Черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) / Л.В. Драголи // Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях. – К.: Наук. думка, 1966. – С. 3–15.
10. Пиркова А. В. Размножение мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. и элементы биотехнологии её культивирования : автореф. дисс. на соискание учёной степени канд. биол. наук : спец. 03.00.18 «Гидробиология» / А. В. Пиркова. – Севастополь, 1994. – 25 с.
11. Поспелова Н. В. Элементы баланса каротиноидов,  $\alpha$ -токоферола и некоторых металлов в системе «взвешенное вещество – мидии – биоотложения: автореф дисс. на соискание учёной степени канд. биол. наук : спец. 03.00.17. «Гидробиология» / Н. В. Поспелова – Севастополь, 2008. – 25 с.
12. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А. А. Халафян – М.: ООО «Бином- пресс», 2007 г. – 512 с.
13. Челядина Н.С. Сезонные изменения содержания меди в створках и мягких тканях *Mytilus galloprovincialis* Lam. / Н.С. Челядина, Л.Л. Смирнова // Еколого-функціональні та фауністичні аспекти дослідження моллюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища: Збірник наукових праць. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. – 2-й вип. – 2005. – 384 с.

14. Христофорова Н. К. Тяжёлые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. Владивосток / Н. К. Христофорова, В. М. Шулькин, В. Я. Кавун: Даль-наука. – 1994. 296 с.
15. Unsal M. A preliminary study on the metal content of mussels, *Mytilus galloprovincialis* Lam. in eastern Black Sea / M. Unsal., S. Besiktepe // Tr. J. Zoology. – 1994. – 18. – P. 265 – 271.
16. Скрипник И.А. Реакция фитопланктонных сообществ на локальное загрязнение медью. Эколого-функциональні та фауністичні аспекти дослідження моллюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища / И.А. Скрипник, Л.Ю. Секундяк., Е.В. Кирсанова // Зб. наук. пр. – Житомир, 2005. – Вип. 2. – С. 225–227.
17. Митропольський О.Ю. Екогеохімія Чорного моря / О.Ю. Митропольський, Е.І. Наседкіна, Н.П. Осокіна – К. : Академперіодика, 2006. – 278 с.
18. Мотавкин П.А. Регуляция размножения и биотехнология получения половых продуктов у двустворчатых моллюсков / П.А. Мотавкин, Ю.С. Хотимченко, И.И. Дередович – М.: Наука, 1990. – 215 с.
19. Караванцева Н. В., Поспелова Н.В., Бобко Н. И., Нехорошев М. В. Методика отбора половых продуктов мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam./ Система контроля окружающей среды. Вып. 17. Сборник науч. трудов. Севастополь 2012. с. 184 – 187.
20. Contribution to the ecotoxicological study of cadmium, lead, copper and zinc in the mussel *Mytilus edulis* / J. Amiard, C. Amiard-Triquet, B. Berthet, C. Métaeyer // Mar. Biol. – 1986. – Vol. 90, №3. – P. 425–431.
21. Гудимов А. В. Поведенческие реакции мидий в условиях колебаний факторов среды прибрежья Восточного Мурмана : автореф. дисс. на соискание научной степени канд. биол. наук : спец. 25. 00. 28 / А. В. Гудимов – Мурманск, 2004. – 25 с.

**Челядіна. Н.С.** Індивідуальна мінливість змісту міді у м'яких тканинах *Mytilus galloprovincialis* Lam. в залежності від фену, статі та стадії зрілості гонад / Н.С. Челядіна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С. 215-222.

Показано, що індивідуальний зміст Cu в м'яких тканинах *M. galloprovincialis* залежить від розміру, сезону, статі та стадії зрілості гонад моллюска. У мідях з довжиною раковини 30 і 50 мм в літній сезон, при інтенсивному соматичному рості, вміст міді в м'яких тканинах вище (max = 156 мкг / г), ніж восени (max = 63,8 мкг / г). Зміст Cu в м'яких тканинах самців варіює більше (CV = 57%), ніж у самок (CV = 36%). Впливи забарвлення раковини на варіабельність вмісту міді в м'яких тканинах мідій не виявлено.

**Ключові слова:** індивідуальна мінливість, мідь, *Mytilus galloprovincialis*, Чорне море.

## INDIVIDUAL VARIABILITY OF THE COPPER CONTENT IN THE SOFT TISSUES OF *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. DEPENDING ON PHENE, SEX AND STAGE OF GONADS MATURITY

*Chelyadina N.S.*

*Institute of Biology of the Southern Seas, National Academy of Sciences of Ukraine, Sevastopol, Crimea, Ukraine*  
*E-mail: chelyadina2007@mail.ru*

The individual copper content in the soft tissues of *M. galloprovincialis* depending on the season, phene, sex and stage of gonads maturity are studied. Mussels with a shell length  $30,20 \pm 0,02$  and  $50,30 \pm 0,04$  mm was taken from collectors of farm situated in Martynova bay (Sevastopol) during 2007 and 2010 in the summer and autumn seasons. It is shown individual Cu content in the soft tissues *M. galloprovincialis* depends on size, sex and stage of gonad maturity of mollusks and also on a season. Mussels accumulated

Cu in soft tissues more intensively in the summer season after the spring spawning during of somatic growth. The copper content in soft tissues of mussels was higher in the summer season during somatic growth (up to 156 mg/g) than in the autumn (up to 63.8 mg/g). This regularity, apparently was associated with the hydrological and hydrochemical features of the farm waters. Upwellings off the coast of Sevastopol are often registered in the summer season and then phytoplankton "bloom" follows. Phytoplankton is an accumulator of copper and other heavy metals due to high surface area of the body. Upwellings promote the transition copper from sediment into the water column. Anthropogenic impact on the waters of the Sevastopol are increases in the summer season, this also concerns to toxic metals. Possibly this factor is introduced a role in higher copper content in soft tissues of mussels.

The small mussels have higher ability to accumulate Cu in a soft tissues then mussels of market size (50 mm). Energetic processes and filtration activity proceed faster in mussels with shell 30 mm than in ones with shells 50 mm. This can explain the higher copper content in the soft tissues of small-sized mussels. The tendency towards higher content of Cu in the summer and autumn seasons for females of both size groups compared with males is observed.

The Cu concentration in the soft tissues of males and females varied depending on the stage of gametogenesis of mussels increasing by 3 and 4 stages of gonad maturity. By the 5 stage of gonad maturity there was a tendency to a slight increase or stabilization in Cu content on the same level in females and to a slight decrease in one in males.

The females have a stable increase in the copper content from the 2 to 4 stage of the reproductive cycle. It is connected with oocyte growth in gonads while there are increased content of lipid, low molecular weight proteins and carbohydrates which the copper has a strong connection with.

Stabilization of copper content in the soft tissues of mussels or its reduction to the 5 stage (spawning) is associated with the release of heavy metals particularly copper in the marine environment with reproductive products.

The index of variation (CV, %) of the Cu content in the soft tissues of mussels of different sizes, sex and phene are calculated. It is shown the index of variation of copper content in the soft tissues of males and females of both size groups of mussels are high. The Cu content in the soft tissues of males is more variable. The Cu content in the soft tissues of mussels of commercial sized are more variable than in 30 mm sized mussels. There are no differences in a variability of the copper content in the soft tissues of mussels depending on the phene.

**Keywords:** individual variability, copper, *Mytilus galloprovincialis*, Black Sea

#### References

1. Yatsimirskii K.B., Criss E.E., Ahrameeva T.I. Study of the complex is copper ions with deoxyribonucleic acid. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 1996, 168, No. 4, 840–843 (in Russ.).
2. Karaseva E.M. Accumulation of heavy metals in the gonads and somatic organs of bivalves, Mar. Biol., 2, 66 (1993).
3. Saenko G.N. Metals and halogens in marine organisms, p. 252.(Moscow, 1993).
4. Akdogan S. Unsal M. Variations in trace metal content of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamark with season and size, Tr. J. of Zoology, 17, 117 (1993).

5. Nicholson S., Szefer P. Accumulation of metals in the soft tissues, byssus and shell of the mytilid *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) from polluted and uncontaminated locations in Hong Kong coastal waters, *Mar. Pollut. Bull.*, 46, 1039 (2003).
6. Viarengo A., Canesi L., Pertica M., Poli, G., Moore, MN., Orunesu M. Heavy metal effects on lipid peroxidation in the tissues of *Mytilus galloprovincialis* Lam., *Comparative Biochemistry and Physiology*, 97, 37 (1990).
7. Khorolskay E.N, Batlutskaya I.V. The study of individual variability *Ryrrhocoris apterus* in natural populations of city Sumy and Belgorod, *Scientific statements BelG.: Natural Sciences*, 3, No. 6, 12 (2008).
8. Sukhotin A. Chell colors polymorphism and growth variability in *Mytilus* population. pp. 24, Abstracts of 31 European marine Biology Symposium (St. Petersburg, 1996).
9. Dragole L. V. On the relationship between variations in the Black Sea mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lam.), Distribution of benthos and benthic biology in the southern seas, *Kive*, 3 (1966).
10. Pirkova A.V. Reproduction mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam. and elements of its biotechnology cultivation, pp. 25, Abstract diss. for the degree of PhD, biol. Sciences (, Sevastopol, 1994).
11. Pospelov N.V. Elements balance of carotenoids,  $\alpha$ -tocopherol and some metal in the "suspended material - mussels – excrement, Abstract diss. for the degree of PhD, biol. Sciences: special, pp. 25 (Sevastopol, 2008).
12. Khalafyan A. A STATISTICA 6. Statistical analysis, pp. 512 (Moscow, 2007).
13. Chelyadina N.S., Smirnova L.L Seasonal changes of copper content in a soft tissue and shell of *Mytilus galloprovincialis* Lam., Ecology-functional and faunal aspects of the study of mollusks and their role in the environment bioindication, 2, 256 (Zhitomir, 2005).
14. Hristoforova N.K. Shulkin V.M. Hristoforova N.K. Kavun V.Y Heavy metals in commercial and cultured mussels of bay the Great Peter, 296 p. (Vladivostok, 1994).
15. Unsal M., Besiktepe S. A preliminary study on the metal content of mussels, *Mytilus galloprovincialis* Lam. in eastern Black Sea, *Tr. J. Zoology* 18, 265 ( 1994).
16. Skripnik I.A., Sekundyak L.Yu. Kirsanova E.V. Reaction of phytoplankton communities on local pollution-copper, Ecology-functional and faunal aspects of the study of molluscs and their role in the environment bioindication, 2, 225 (Zhitomir, 2005).
17. Mitropol'skii O. Yu., Nasedkina E.I., Osokina N.P. Ekogeohimiya Black Sea, 278 p. (Kiev, 2006).
18. Motavkin P.A., Khotimchenko Yu.S., Deredovich E. E. Regulation of reproduction and biotechnology obtain reproductive products in bivalves, 215 p. (Moscow, 1990).
19. Karavantseva N. V., Pospelova N.V., Bobko N. I., Nehoroshev M. V Methodical gathering reproductive products of mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam. / *Control systems of environment*, 17, 184 (Sevastopol, 2012).
20. Amiard J., Amiard-Triquet C., Berthet B., Métayer C. Contribution to the ecotoxicological study of cadmium, lead, copper and zinc in the mussel *Mytilus edulis*, *Mar. Biol.*, Vol. 90, No 3, 425 (1986).
21. Hudymov A.V. Behavioral reaction of mussel in Conditions of oscillations environment factors of seaside of East Murmansk: Abstract diss. for the degree of PhD, biol. Sciences, Murmansk, I, pp. 25 (2004).

Поступила в редакцию 29.01.2014 г.