

УДК 594.124:577.1(262.5)

**СОДЕРЖАНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ, КАЛЬЦИЯ, МЕДИ И
ЦИНКА В МЕЖСТВОРЧАТОЙ ЖИДКОСТИ МИДИИ *MYTILUS
GALLOPROVINCIALIS* LAM., КУЛЬТИВИРУЕМОЙ НА ЮГО-ЗАПАДНОМ
ПОБЕРЕЖЬЕ КРЫМА**

Челядина Н. С.¹, Смирнова Л. Л.²

¹*Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Республика Крым, Россия*

²*ФГБНУ Институт природно-технических систем, Севастополь, Республика Крым, Россия
E-mail: chelydina2007@mail.ru*

Проведено сравнительное изучение основных гидрохимических показателей (соленость, величина рН, растворенное органическое вещество), а также аскорбиновой кислоты, магния, кальция, цинка и меди в межстворчатой жидкости культивируемой мидии *M. galloprovincialis* и морской воде. Повышение солености в межстворчатой жидкости до 20,1–21,5‰ определяют ионы кальция, медь и цинк. Концентрация растворенного в межстворчатой жидкости органического вещества выше, чем в морской воде и достигает 0,50–0,68 мг/мл. На преднерестовой стадии гаметогенеза содержание аскорбиновой кислоты в межстворчатой жидкости у самок мидий составляет 31,6±1,3 мгк/л, самцов – 38,8±1,8 мгк/л, её доля в растворенном органическом веществе может достигать 4,4–7,6 %.

Ключевые слова: Чёрное море, мидия *Mytilus galloprovincialis*, межстворчатая жидкость, аскорбиновая кислота, медь, цинк, ионы магния и кальция.

ВВЕДЕНИЕ

Черноморская мидия *M. galloprovincialis*, является не только важным элементом кормовой базы рыб и беспозвоночных, но и объектом промышленного культивирования [1, 2]. Этот моллюск является ценным пищевым продуктом и служит сырьём для приготовления медицинских препаратов [1, 2–4]. Мидии, как организмы – фильтраторы, вносят значительный вклад в процессы круговорота вещества в прибрежных акваториях. В этих процессах участвуют различные органы и ткани мидий, в том числе и межстворчатая жидкость (МЖ) [1, 5].

МЖ играет важную роль в обмене веществ, происходящем между клетками тканей и незамкнутой кровеносной системой мидии, в результате чего формируется её химический состав. Она, так же как фекалии, псевдофекалии и половые клетки мидий при нересте, входит в систему выделения моллюсков [6], влияет на состав морской воды и развитие бактерио- и фитопланктона в акватории фермы [7]. В литературе есть сведения о весовой доле МЖ в моллюсках и её биологической активности [5, 8]. Из МЖ получают гидролизат, который применяют для профилактики простудных заболеваний и лечения больных с радиационным поражением [9]. В МЖ содержится ценное биологически-активное соединение

таурин, которое обладает широким спектром лечебного действия [9, 10]. Для реализации принципа комплексной утилизации мидии и получения максимального количества полезной для человека продукции, необходимо систематическое изучение химического состава её побочных продуктов, в частности МЖ.

Целью нашей работы было определение содержания растворенного органического вещества (РОВ), аскорбиновой кислоты, меди цинка, ионов Ca^{+2} и Mg^{+2} в межстворчатой жидкости *M. galloprovincialis* в зависимости от пола моллюска на преднерестовой стадии зрелости гонад.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на моллюсках *M. galloprovincialis*, отобранных на мидийно-устричной ферме, расположенной на внешнем рейде г. Севастополя (44°37'13,4" с. ш. 33°30'13,6" в. д.) с экспериментального верёвочного коллектора (глубина 2–3 м). Учитывая зависимость массы МЖ от стадии зрелости гонад, моллюсков отбирали на 4-ой (преднерестовой) стадии зрелости гонад в марте и августе 2012–2016 гг. В этот период масса МЖ была максимальной и составляла 29–30 % массы моллюска [5], а мягкие ткани содержали максимальное количество аминокислот, таурина, витаминов группы В и С, макро-, микроэлементов [3]. Одновременно в районе акватории фермы на той же глубине проводили отбор проб морской воды. Из выборки мидий с размером раковин $50,30 \pm 1,25$ мм, методом температурной стимуляции нереста каждой особи отделяли самцов и самок [11]. Мидий вскрывали, разрезая мускул-замыкатель скальпелем, из открытой раковины, надрезав мантию в передней части, сливали МЖ в стеклянную пробирку. МЖ самцов и самок собирали в отдельные стеклянные стаканы, центрифугировали и отбирали надосадочную жидкость, которую использовали для экспериментальных работ.

В надосадочной жидкости и пробах морской воды определяли, концентрацию катионов Ca^{+2} и Mg^{+2} , величину рН по общепринятым методикам [12], РОВ методом ультрафиолетовой фотометрии [13] и аскорбиновую кислоту с 2,6-дихлорфенол-индофенолятом натрия (реактивом Тильманса) [14]. Цинк и медь определяли после кислотной минерализации 5–10 мл МЖ методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии [15], соленость – электрометрическим методом на приборе "Sansion-5" (Hitachi) [16]. Концентрацию исследуемых компонентов химического состава МЖ выражали в мг/мл или $\text{мкг}^{-1}\text{мл}$.

Всего обработано 1850 мидий. Для статистического анализа материала использовался пакет программ Microsoft Office Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

2.1. Основные химические элементы в составе МЖ и их влияние на ее соленость и величину рН.

Ранее нами было показано [5], что физико-химический состав МЖ отличается от состава морской воды в районе морской фермы. Результаты сравнительного изучения основных интегральных химических показателей морской воды и МЖ

культивируемых мидий, на преднерестовой стадии в осенний период, приведены в таблице.

Таблица
Основные химические характеристики МЖ мидий и морской воды из акватории мидийной фермы, конец августа–сентябрь 2014-2015гг.

Параметры	Акватория мидийной фермы	МЖ культивируемых мидий	
		♂	♀
S, ‰	17,85–18,35	17,72–20,10	17,27–21,50
pH	7,92–8,40	7,34–8,17	7,82–8,09
РОВ, мг/мл	0,020±0,010	0,50±0,13	0,68±0,11

Повышение солёности МЖ культивируемых мидий связано с накоплением в ней растворённых неорганических солей. Основу солевого состава МЖ, как и морской воды, составляют катионы Ca^{+2} и Mg^{+2} . В МЖ так же преобладает Mg^{+2} – основной катион морской воды, но его концентрация ($1,1 \pm 0,1$ мг/мл) в МЖ ниже, чем в морской воде – до 1,3 мг/мл. Концентрация катионов Ca^{+2} ($0,5 \pm 0,1$ мг/мл) в МЖ в 1,5–2,0 раза превышает их содержание в морской воде ($0,3 \pm 0,1$ мг/мл). Обогащение МЖ ионами Ca^{+2} происходит в результате обменных процессов при формировании раковины мидии или при нарушении кальциевого гомеостаза клеток периостракума [17–19].

Содержание ионов Ca^{+2} и Mg^{+2} в МЖ культивируемых мидий на преднерестовой стадии гаметогенеза в зависимости от пола приведены на рис. 1.

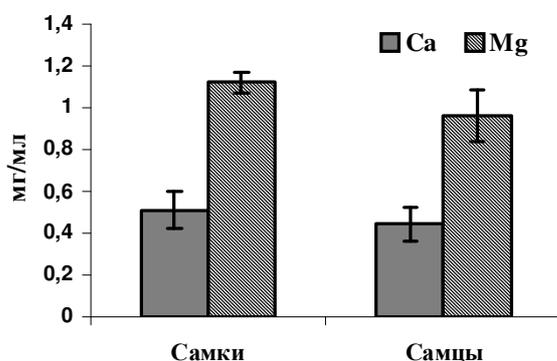


Рис.1. Концентрация катионов Ca^{+2} и Mg^{+2} в МЖ самцов и самок *M. galloprovincialis* (2013–2014 гг.).

При сравнении полученных результатов, можно отметить, что в МЖ самцов и самок содержание изучаемых катионов различается. У самцов концентрация Mg^{+2} и Ca^{+2} ниже, чем у самок на 18 и 9% соответственно. Более высокое содержание исследуемых катионов у самок возможно связано с различными потребностями

моллюсков различного пола в ионах Ca^{+2} и Mg^{+2} . Наступление половой зрелости многих живых организмов происходит при достижении определённой концентрации микроэлементов [20]. Заключительный этап полового созревания – вителлогенез, в процессе которого происходит синтез, и накопление желтка в ооцитах, этот процесс происходит при участии кальция [21]. Овогенез – процесс более сложный, требующий больших энергетических затрат чем сперматогенез [22]. Поэтому потребности в Ca^{+2} и Mg^{+2} у самок возрастают по сравнению с самцами. Соотношение концентраций ($\text{Mg}^{+2}/\text{Ca}^{+2}$) в МЖ как у самцов, так и у самок поддерживается на одном уровне и составляет 2,1, что может свидетельствовать о сбалансированности обменных процессов протекающих с участием Mg^{+2} и Ca^{+2} .

К распространенным в морской воде химическим элементам, определяющим соленость, можно отнести Zn и Cu. Эти микроэлементы при фильтрации моллюсков поступают с пищей и морской водой в мантийную полость, накапливаются в тканях, в которых деактивируются цитоплазматическими белками – металлотионеинами или включаются в биохимические процессы [23]. Они определяют активность ферментов, благодаря способности образовывать хелатные комплексы с функциональными группами аминокислотных остатков, обеспечивающие стабильность белков-ферментов. Медь, как металл переменной валентности, участвует в окислительно-восстановительных реакциях [24]. В отличие от Cu, Zn в большей степени влияет на рост, развитие, воспроизводство и обменные процессы моллюсков [25, 26]. Поэтому, его содержание в мягких тканях моллюсков в преднерестовый период достигает $225,3 \pm 71,2$ мкг/г сух. ткани, в отличие от Cu – $78,6 \pm 26,2$ мкг/г сух. ткани [6, 27]. Мягкие ткани способны накапливать и быстро выводить микроэлементы в МЖ, которая участвует в обмене веществ между клетками тканей и циркулирующей кровью. При определении концентрации этих микроэлементов в МЖ моллюсков отмечено, что у самцов, и самок количество Cu в три раза ниже, чем Zn (рис. 2).

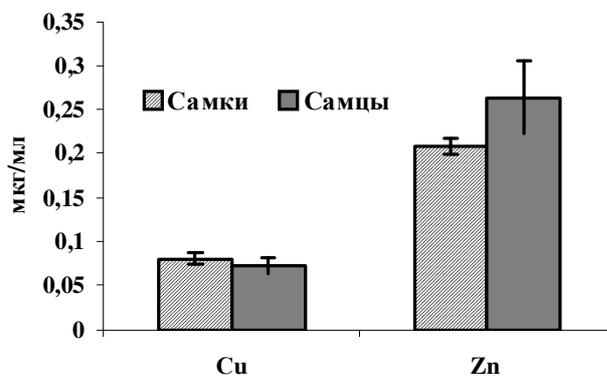


Рис. 2. Концентрации Zn и Cu в МЖ *M. galloprovincialis*. в зависимости от пола (2012–2015 гг.).

Содержание Zn и Cu в МЖ в 15–25 раз превышает концентрацию этих элементов в морской воде $0,01 \pm 0,004$ мкг/мл и $0,005 \pm 0,001$ мкг/мл соответственно. У самок мидий в МЖ в большем количестве поступает Cu, у самцов – Zn. В МЖ эти микроэлементы, как и в морской воде, находятся в составе органических комплексных соединений, в виде ионов Zn^{+2} Cu^{+2} и неорганических солей $CuOHCl$, $CuOH^+$, $ZnOH^+$, $ZnCl_3^-$ [28].

Экспериментальные работы с мидиями показали [23, 29], что в присутствии солей тяжелых металлов величина рН МЖ приближается к нейтральным значениям. Максимальное снижение величины рН вызывают соли Cu и Zn [23]. Величина рН МЖ у самок, которые в большем количестве накапливают Cu (рис.2), изменяется в более узком диапазоне по сравнению с самцами, у которых эта величина более вариабельна (табл.1).

2.2. Органические соединения в составе МЖ мидий.

Определение концентрации РОВ показало, что его содержание в МЖ 25–35 раз выше, чем в морской воде (табл. 1). У моллюсков находящихся на преднерестовой стадии обменные процессы активизируются, и МЖ в большем количестве обогащается РОВ. На рис. 3 приведены данные, иллюстрирующие зависимость содержания РОВ в МЖ от пола моллюска.

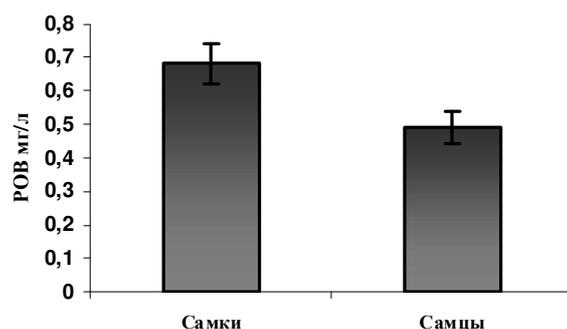


Рис. 3. Концентрация РОВ в МЖ самцов и самок *M. galloprovincialis* (2015–2016 гг.)

Накопление РОВ в МЖ самок достоверно выше (при $p < 0,05$) по сравнению с самцами. Одним из компонентов РОВ является таурин, содержание и значение которого хорошо изучено [8, 9, 30]. Одной из физиологических функций таурина (2-аминоэтансульфоновой кислоты), продуцируемого мидией, может быть его участие в процессах трансформации кальция, влияние на ионный обмен клеток, что может сопровождаться подкислением среды [10]. Среди разнообразных биологически активных природных соединений, присутствующих в МЖ, внимание уделяется изучению содержания различных витаминов [3], в том числе и витамина С, о роли которого для организма человека известно давно [31]. Это соединение присутствует в тканях моллюсков, принимает участие в укреплении раковины моллюска, в

окислительно-восстановительных реакциях, метаболизме углеводов, синтезе липидов и белков, метаболизме железа, процессах клеточного дыхания [3].

Нами проведено исследование МЖ на содержание витамина С (аскорбиновой кислоты). Изменение содержания этого биологически активного соединения в МЖ мидий в зависимости от пола показано на рис. 4.

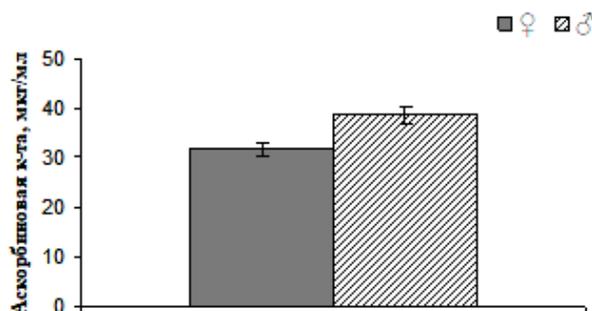


Рис. 4. Концентрация аскорбиновой кислоты в МЖ самцов и самок *M. galloprovincialis* (2014–2016 гг).

Аскорбиновая кислота является важной составляющей МЖ, её доля в РОВ может достигать 4,4–7,6 %. Содержание витамина С в МЖ самцов более вариабельно, изменяется от 28,8 до 50,0 мкг/мл и, в среднем, составляет 38,8±1,8 мкг/мл, у самок от 27,0 до 36,4, что в среднем составляет 31,6±1,3 мкг/мл. В МЖ самцов, в отличие от концентрации ионов Ca^{+2} и Mg^{+2} и Cu , содержание аскорбиновой кислоты достоверно выше (при $p < 0,05$), чем у самок. Обогащение МЖ культивируемых мидий несложными по химическому составу органическими кислотами – 2-аминоэтансульфоновой (таурин) и аскорбиновой, влияет на величину рН, которая значительно отличается от морской воды и у некоторых особей самцов достигает 7,40–7,34 ед.рН.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показано, что повышение солёности в МЖ у самцов и самок культивируемой мидии *M. galloprovincialis* определяют ионы Ca^{+2} , Zn и Cu . В МЖ содержание Ca^{+2} в два раза, а Zn и Cu в составе органических соединений и неорганических солей в 15–25 раз выше, чем в морской воде.
2. В результате обменных процессов между органами моллюска, незамкнутой кровеносной системой и МЖ, концентрация растворенного в ней органического вещества достигает 0,50–0,68 мг/мл. Содержание РОВ в МЖ самок *M. galloprovincialis* достоверно выше по сравнению с самцами.
3. На преднерестовой стадии гаметогенеза у самок *M. galloprovincialis* содержание аскорбиновой кислоты в межстворчатой жидкости составляет 31,6±1,3 мкг/мл, самцов – 38,8±1,8 мкг/мл, её доля в РОВ может достигать 4,4–7,6 %.
4. Величина рН в МЖ ниже, чем в морской воде (7,92–8,40). Снижение рН в МЖ самцов (7,34–8,17) и самок (7,82–8,09) определяют высокое содержание Cu , Zn и

РОВ, обогащенного веществами кислой природы – аскорбиновой кислотой и таурином (2-аминоэтансульфоновая кислота).

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Разработка научных принципов воспроизводства в искусственных биотехнологических комплексах водных биоресурсов – возобновляемого природного сырья для получения целевых продуктов» (гос. рег. № 1001-2014-0017)

Список литературы

1. Биология культивируемых мидий / под ред. В. Н. Иванова; Киев: Наукова думка, 1989. – 100 с.
2. Холодов В. И. Выращивание мидий и устриц в Чёрном море / В. И. Холодов, Л. В. Пиркова, Л. В. Ладыгина – Воронеж: ООО ИЗДАТ-ПРИНТ, 2017. – 508 с.
3. Гадзева С. В. Беломорские мидии *Mytilus edulis* L. основы культивирования и полезная из них продукция: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. / С. В. Гадзева. – Москва: 2004. – 27 с.
4. Апрышко Г. Н. Противоопухолевые препараты из морских организмов / под ред. В. Н. Иванова. / Апрышко Г. Н., Нехорошев М. В. – Севастополь: Аквавита, 2000. – 106 с.
5. Челядина Н. С. Химический состав межстворчатой жидкости *Mytilus galloprovincialis*, культивируемой в Черном море / Н. С. Челядина, Л. Л. Смирнова // Актуальные проблемы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России. Материалы международной конференции. – Ростов-на-Дону, 01.10–3.10. 2014 г. –Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2014. – С. 334–338.
6. Chelyadina N. S. Distribution of copper in the tissues of males and females of *Mytilus galloprovincialis* / N. S. Chelyadina, N. V. Pospelova, Yu. P. Kopytov // Hydrobiol. J. – 2015. – V. 51, No 4. – P. 74–79.
7. Абаев В. Ю. Влияние культивирования мидий на экосистемы Анапского шельфа Черного моря. Автореф. дис... канд. геогр. наук. / Абаев В. Ю. – Краснодар, 2001. – 25 с.
8. Шумянцева В. В. Таурин как модулятор каталитической активности цитохрома р450 3а4 / В. В. Шумянцева, А. А. Махова, Т. В. Булко [и др.] // Биохимия. – 2015. – Т. 80, №. 3. – С. 439–448.
9. Аюшин Н. Б. Таурин: фармацевтические свойства и перспективы получения из морских организмов / Н. Б. Аюшин // Известия ТИПРО. – 2001. – № 129. – С. 129–145.
10. Грінченко О. А. Вплив таурину на іонний склад шлункового соку при стимуляції секретії гістаміном у собак / О. А. Грінченко, В. М. Бабін, П. І. Янчук // Ученые записки ТНУ. Серия: Биология. Химия. – 2010. – Т. 24(63), № 2.– С.107–116.
11. Пиркова А. В. Размножение мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. и элементы биотехнологии её культивирования : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. / А. В. Пиркова. – Севастополь, 1994. – 25 с.
12. Унифицированные методы анализа вод / под ред. Ю. Ю. Лурье. – М.:Химия,1973. – 380 с.
13. Горбенко Ю. А. Экология морских микроорганизмов перифитона / Ю. А Горбенко – Киев: Наук. Думка, 1977 – 252 с.
14. Левашова О. Л. Особенности определения аскорбиновой кислоты в витаминно-минеральном комплексе *Gesticare* / О. Л. Левашова, С. Н. Коваленко / Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. – 2011. – Т. 24, № 2. – С. 24–29.
15. Онищенко Г. Г. Современные методы анализа и оборудование в санитарно-гигиенических исследованиях. Научно-практическое руководство / под. ред. Онищенко Г. Г., Шестопалова Н. В. – Москва: ФГУП «Интерсэн», 1999. – 496 с.
16. IOC, SCOR and IAPSO. The international thermodynamic equation of Seawater-2010: Calculation and use of thermodynamic properties Intergovernmental oceanographic Commission, Manuals and Guides No. 56. UNESCO, 2010. 196 p. [Электронный ресурс]:: <http://www.TEOS-10.org>.
17. Аксенова М. Е. Тяжелые металлы: механизмы нефротоксичности / Аксенова М. Е. // Нефрология и диализ. – 2000. – Т. 2, № 1–2. – С. 39–43.
18. Казимирко В. К. Кальциевый гомеостаз и вопросы его коррекции / В. К. Казимирко, И. А. Козак, Л. Н. Иваницкая, Т. С. Силантьева [и др.] // Український ревматологічний журнал. – 2015. – № 60 (2). – С. 14–19.

19. Виноградова А. К. Экспериментальное изучение устойчивости морских гидробионтов к повышенным концентрациям магния / А. К. Виноградова, В. И. Белецкий // Известия Академии Наук СССР Серия биологическая. Москва. – 1985. – С. 790–793.
20. Маврин А. С. Содержание катионов в позвонках зрелых и незрелых самок плотвы *Rutilus rutilus* (L.) перед нерестом / А. С. Маврин, В. И. Мартемьянов // Труды Зоологического института РАН. – 2013 б. – Приложение № 3. – С.151–154.
21. Follet B. K. The vitellogenic response in the South African clawed toad (*Xenopus laevis* Daudin) / B. K. Follet, T. J. Nicholls, M. R. J. Redshaw // *Cell Physiol.* – 1968. – V. 72. – P. 91–102.
22. Масленникова Л. А. Сперматогенез двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* (Schrenck) / Л. А. Масленникова // Известия ТИНРО. – 2000. – Т. 127, № 1–2. – С. 453–460.
23. Павловская В. В. Экологические аспекты реакции моллюсков *Dreissena Polymorpha* (Pallas, 1771) на действие ионов тяжелых металлов : Автореф дис. ... канд. биол. наук. / В. В. Павловская. – Калининград: 2007. – 25 с.
24. Химия биологически активных соединений / под ред. Н.А. Преображенского, Р.П. Евстегнеевой. – Москва: Химия, 1970. – 512 с.
25. Viarengo A. Heavy metal effects on lipid peroxidation in the tissues of *Mytilus galloprovincialis* Lam. / A. Viarengo, L. Canesi, M. Pertica [et. all] // *Comparative Biochemistry and Physiology.* – 1990. – V. 97. – P. 37–42.
26. Franca S. Heavy metal concentrations in sediment, benthic invertebrates and fish in three salt marsh areas subjected to different pollution loads in the Tagus Estuary (Portugal) / S. Franca, C. Vinagre, I. Cacador, [et. al] // *Mar. Poll. Bull.* – 2005. – V. 50. – P. 993–1018.
27. Поспелова Н. В. Элементы баланса каротиноидов, α -токоферола и некоторых металлов в системе «взвешенное вещество – мидии – биоотложения: Автореф дис. ... канд. биол. наук. / Н. В. Поспелова. – Севастополь, 2008. – 25 с.
28. Попов Н. И. Морская вода. Справочное руководство / Н. И. Попов, К. Н. Федоров, В. М. Орлов [под ред. А. С. Мониной]. – Москва: Наука, 1979. – 167 с.
29. Методы изучения двустворчатых моллюсков. / под ред. Г. Л. Шкорбатова, Я. И. Старобогатова – Ленинград: АН СССР ЗИН, 1990. – 208 с.
30. Кузьмина В. В. Таурин. Влияние на экзотрофию и обмен веществ у млекопитающих и рыб / В. В. Кузьмина, Л. К. Гавровская, О. В. Рыжова // *Журн. эволюционной биохимии и физиологии.* – 2010. – Т. 46, № 1. – С. 17–23.
31. Ушаков А. А. Влияние витамина С на организм человека и изменение его содержания под воздействием экологических факторов / А. А. Ушаков, А. А. Тюнин // *Современные научные исследования и инновации.* – 2012. – № 1. [Электронный ресурс]: URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/01/6678>

**CONTENT OF ASCORBIC ACID, CALCIUM, COPPER, AND ZINC IN THE
INTERSTITIAL FLUID OF CULTIVATED MUSSEL *MYTILUS
GALLOPROVINCIALIS* LAM. IN WATERS OF THE SOUTH-WEST COAST OF
CRIMEA**

Chelyadina N. S., Smirnova L. L.

¹*Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Crimea, Russia*

²*Institute of Natural & Technical Systems, Sevastopol, Crimea, Russia*
E-mail: chelyadina2007@mail.ru

Mussel *M. galloprovincialis* is the main object of cultivation in the waters of the Crimean coast of the Black Sea. It has high food and biological value. Coproducts from the processing of mollusks, mainly interstitial fluid, are used to produce a bioactive

substances – taurine, which has a wide range of therapeutic effects. The volume and chemical composition of the interstitial fluid in *M. galloprovincialis* mussels are varied depending on the stage of gonad maturity. The results of the determination of the main hydrochemical parameters (salinity, pH, dissolved organic matter), ascorbic acid, Zn, Cu, Ca^{+2} and Mg^{+2} ions in the interstitial fluid of *M. galloprovincialis* at the prespawning stage of gonad maturity are presented. An interstitial fluid was studied in males and females sampling from a selection of mussels collected with a shell size of 50.30 ± 1.25 mm after stimulation of spawning of each individual. To obtain the interstitial fluid, the mussels were opened by cutting the muscle-clasp with a scalpel from an open shell, notching the mantle in the anterior part, pour out the interstitial fluid into glass separately for females and males. Ascorbic acid was determined with 2,6-dichlorophenol-indophenolate sodium (Tilmans reagent), salinity – on the “Sansion-5” (Hitachi) device, Zn and Cu was determined by atomic absorption spectroscopy. It was shown that Ca^{+2} , Zn and Cu ions are determined the increase salinity in interstitial fluid. The content of Zn and Cu in the interstitial fluid reaches $0.21\text{--}0.26 \mu\text{g ml}^{-1}$ and $0.07\text{--}0.08 \mu\text{g ml}^{-1}$, respectively, this is in 15-25 times higher than in seawater. The concentration of Ca^{+2} ions in the interstitial fluid reaches $0.5 \pm 0.1 \mu\text{g ml}^{-1}$, it is in twice time higher then content in sea water. As a result of metabolic processes between the organs of the mollusk, unclosed circulatory system and interstitial fluid, the concentration of organic matter dissolved in it reaches $0.50\text{--}0.68 \mu\text{g ml}^{-1}$. At the prespawning stage of gametogenesis in *M. galloprovincialis* females, the content of ascorbic acid in the interstitial fluid is $31.6 \pm 1.3 \mu\text{g ml}^{-1}$, of males – $38.8 \pm 1.8 \mu\text{g ml}^{-1}$, its fraction in dissolved organic matter can reach 4.4–7.6%. The pH value in interstitial fluid is lower than in sea water (7.92–8.40). The decrease the pH value in males (7.34–8.17) and females (7.82–8.09) determines the high content of copper and dissolved organic matter enriched with acidic substances – ascorbic acid and taurine (2-aminoethanesulfonic acid).

Keywords: Black Sea, mussel *Mytilus galloprovincialis*, interstitial fluid, ascorbic acid, copper, zinc, magnesium and calcium ions.

References

1. Ivanov V.N., Holodov V.I., Senicheva M.I., Pirkova A.V., Bulatov K.V. *Biologiya kultiviruemykh midi*, 100 (K.: Nauk. dumka, 1989).
2. Xolodov V.I., Pirkova A.V., Ladygina L.V. *Vyrashhivanie midij i ustric v Chyornom more*, 508 (Voronezh: OOO Izdat-print, 2017).
3. Gadzeeva S.V. *Belomorskie midii Mytilus edulis L. osnovy kul'tivirovaniya i poleznaya iz nih produkcija: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk, Moskva, 27 (2004).*
4. Apryshko G.N., Nekhoroshev M.V. *Protivoopuholevye preparaty iz morskikh organizmov / pod red. V.N. Ivanov, Sevastopol': Akvavita, 106 (2000).*
5. Chelyadina N.S. and Smirnova L.L. *Himicheskij sostav mezhstvorchatoj zhidkosti Mytilus galloprovincialis, kul'tiviruemoj v Chernom more, Aktual'nye problemy rybnogo hozyajstva i akvakul'tury bassejnov yuzhnyh morej Rossii. Materialy mezhdunarodnoj konferencii. – Rostov-na-Donu, 01.10–3.10. 180 (Rostov-na-Donu: YUNC RAN, 2014).*
6. Chelyadina N.S., Pospelova N.V., Kopytov Yu. P. *Distribution of copper in the tissues of males and females of Mytilus galloprovincialis*, *Hydrobiol. J.*, **51**, 4 (2015).
7. Abaev V.YU. *Vliyanie kul'tivirovaniya midij na ehkositemy Anapskogo shel'fa Chernogo morya. Avtoref. dis... kand. geogr. nauk, Krasnodar, 25 (2001).*

8. Shumyanceva V.V., Mahova A.A., Bulko T.V., Bernhardt R., Kuzikov A.V., SHih E.V., Kukes V.G. Taurin kak modulyator kataliticheskoy aktivnosti citohroma r450 3a4, *Biohimiya*, **80**, 3 (2015).
9. Ayushin N.B. Taurin: farmacevticheskie svoystva i perspektivy polucheniya iz morskikh organizmov, *Izvestiya TINRO*, 129 (2001).
10. Grinchenko O.A., Babin V.M., YAnchuk P.I. Vpliv taurinu na ionnij sklad shlunkovogo soku pri stimulyacii sekrecii gistaminom u sobak, *Uchenye zapiski TNU. Seriya: Biologiya. Himiya*, **24**(63), 2 (2010).
11. Pirkova A.V. Razmnozhenie midii *Mytilus galloprovincialis* Lam. i jelementy biotekhnologii ejo kul'tivirovaniya : Dis. kand. biol. nauk, Sevastopol', 198, (1994).
12. Unificirovannyye metody analiza vod / pod red. Yu.Yu. Lur'e. Moskva: Himiya, 380 (1973).
13. Gorbenko Yu.A. Eologiya morskikh microorganizmov perifitona, 252 (K.: Nauk. Dumka, 1977).
14. Levashova O.L., Kovalenko S.N. Osobennosti opredeleniya askorbinovoy kisloty v vitaminno-mineral'nom komplekse Gesticare, Aktual'ni pitannya farmacevtichnoy i medichnoy nauki ta praktiki, **24**, 2 (2011).
15. Onishchenko G. G. Sovremennyye metody analiza i oborudovanie v sanitarno-gigienicheskikh issledovaniyakh. Nauchno-prakticheskoe rukovodstvo / pod red. G. G Onishchenko, H.V. Shestopalova, Moskva: FGUP «Intersehn», 496 (1999).
16. IOC, SCOR and IAPSO. The international thermodynamic equation of Seawater-2010: Calculation and use of thermodynamic properties Intergovernmental oceanographic Commission, Manuals and Guides, UNESCO, 196 (2010). [Elektronnyj resurs]: <http://www.TEOS-10.org>.
17. Aksenova M.E. Tyazhelye metally: mekhanizmy nefrotoksichnosti, *Nefrologiya i dializ*, **2**, 1–2 (2000).
18. Kazimirko V.K., Kozak, L.N., Ivanickaya L.N., Silant'eva T.S., Dubkova A.G., Kutovoj V.V. Kal'cievyj gomeostaz i voprosy ego korrekcii. *Ukrains'kij revmatologichnij zhurnal. № 60* (2) (2015).
19. Vinogradova. A.K. Beleckij V.I. Ehksperimental'noe izuchenie ustojchivosti morskikh gidrobiontov k povyshennym koncentraciyam magniya. *Izvestiya Akademii Nauk SSSR Seriya biologicheskaya, Moskva*. (1985).
20. Mavrin A.S. Martem'yanov V.I. Soderzhanie kationov v pozvonkah zrelyh i nezrelyh samok plotvy Rutilus rutilus (L.) pered nerestom. *Trudy Zoologicheskogo instituta RAN. Prilozhenie № 3*. (2013 b).
21. Follet B.K., Nicholls T.J., Redshaw M.R. The vitellogenic response in the South African clawed toad (*Xenopus laevis* Daudin). *Cell Physiol*, **V. 72** (1968).
22. Maslennikova L.A. Spermatogenez dvustvorchatogo mollyuska *Anadara broughtoni* (Schrenck). *Izvestiya TINRO*, **127**, № 1-2 (2000).
23. Pavlovskaya V. V. Ehkologicheskije aspekty reakcii mollyuskov *Dreissena Polymorpha* (Pallas, 1771) na dejstvie ionov tyazhelyh metallov : Avtoref dis. ... kand. biol. nauk. / V. V. Pavlovskaya. – Kaliningrad: 2007. – 25 s.
24. Himiya biologicheskij aktivnyh soedinenij / pod red. N.A. Preobrazhenskogo, R.P. Evstegneevoj, Moskva: Himiya, 512 (1970).
25. Viarengo A. Canesi L., Pertica M.et. all. Heavy metal effects on lipid peroxidation in the tissues of *Mytilus galloprovincialis* Lam., *Comparative Biochemistry and Physiology*, **97** (1990).
26. Franca S., Vinagre C., Cacador I., Cabral H.N., Franca S. Heavy metal concentrations in sediment, benthic invertebrates and fish in three salt marsh areas subjected to different pollution loads in the Tagus Estuary (Portugal), *Mar. Poll. Bull.*, **50** (2005).
27. Pospelova N.V. Ehlementy balansa karotinoidov, α -tokoferola i nekotoryh metallov v sisteme «vzveshennoe veshchestvo – midii – biootlozheniya: Avtoref dis. ... kand. biol. nauk, Sevastopol', 25 (2008).
28. Popov N.I., Fedorov K.N., Orlov V.M. Morskaya voda. Spravochnoe rukovodstvo / pod red. A.S. Monina, Moskva: Nauka, 167 (1979).
29. Metody izucheniya dvustvorchatykh mollyuskov. / pod red. G.L. Shkorbatova, YA.I.Starobogatova; Leningrad, 208 (AN SSSR ZIN, 1990).
30. Kuz'mina V.V., Gavrovskaya L.K., Ryzhova O.V. Taurin. Vliyanie na ehkzotrofiyu i obmen veshchestv u mlekopitayushchih i ryb, *Zhurnal ehvolyucionnoj biohimii i fiziologii*. **46**, 1 (2010).
31. Ushakov A.A., Tyunin A.A. Vliyanie vitamina S na organizm cheloveka i izmenenie ego soderzhaniya pod vozdejstviem ehkologicheskikh faktorov, *Sovremennyye nauchnye issledovaniya i innovacii*. 1. (2012). [Elektronnyj resurs]: URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/01/6678>