

## ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СТРЕССОВОГО БЕЛКА 70 кДа В ПРОЦЕССЕ АККЛИМАЦИИ МОЛЛЮСКОВ *MYTILUS EDULIS* L. К ПОНИЖЕННОЙ СОЛЕННОСТИ

© Ю. И. Подлипаева,<sup>1</sup> А. В. Гудков,<sup>1</sup> В. Я. Бергер<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, 194064,  
и <sup>2</sup> Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, 199034;  
<sup>1</sup> электронный адрес: podlipaeva@gmail.com

Изучали динамику содержания стрессовых белков в клетках жаберного эпителия двустворчатых моллюсков *Mytilus edulis* в процессе их фенотипической адаптации к изменениям солености внешней среды. Показано, что при низкой солености морской воды (10 ‰), которая вызывает изолирующий рефлекс, индукция стрессовых белков семейства Hsp70 наступает на 5-е сут. Параллельные измерения осмолярности экстрависцеральной жидкости мидий свидетельствуют о том, что сигналом к индукции стрессовых белков у исследованных моллюсков служит не соленость морской воды, а осмолярность внутренней среды.

Ключевые слова: белки стресса, Hsp70, соленость, мидии.

При исследовании адаптаций организмов к различным абиотическим факторам внешней среды, в первую очередь к температуре, повышенный интерес вызывают стресс-белки (и их роль), именуемые белками теплового шока (Hsp, heat shock proteins). Известно, что в ответ на внешние воздействия большинство живых организмов реагирует индукцией этих белков (Feder, Hofmann, 1999; Маргулис, Гужова, 2000, 2009; Hochachka, Somero, 2002; Radlowska, Pempkowiak, 2002, и др.).

Принято считать, что начало изучению стрессовых белков было положено работой, в которой обнаружили изменения пуффинга в политенных хромосомах слюнных желез дрозофилы при повышении температуры (Ritossa, 1962). Практически одновременно было показано (Kroeger, 1963), что изменения пуффинга политенных хромосом насекомых имеют место при изменении осмолярности среды и (или) концентрации ионов Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>. Следует отметить, что оба автора этих работ не связывали обнаруженные изменения со стрессовыми белками. И лишь через 11—12 лет с помощью электрофореза продуктов генов из различных пуффлов показали существование нескольких групп Hsp, соответствующих определенным семействам генов (Tissieres et al., 1974), в том числе белков с мол. массой 70 кДа (Hsp70).

Подавляющее большинство работ об адаптивной функции этих белков связано с изучением реакций различных организмов на температурные воздействия. При этом их роль в приспособлении организма к изменениям других факторов, в том числе солености окружающей среды, изучена крайне мало. К тому же имеющиеся по этому вопросу данные весьма противоречивы.

С одной стороны, у ряда растений, архей, бактерий, а также в клетках культуры тканей птиц и млекопитающих наблюдается индукция Hsp при изменениях concentra-

ции солей и осмолярности питательной среды (Cohen et al., 1991; Petronini, 1993; Hochachka, Somero, 2002; Ермаилова, 2007, и др.). Протеомный анализ мидий *Mytilus trossulus* и *M. galloprovincialis*, обитающих при солености 35 ‰, показал, что при стрессе, вызванном понижением солености до 24.5 ‰ происходит увеличение относительного содержания некоторых шаперонов, в частности глюкозо-регулируемого белка теплового шока GRP78 (Tomaneck et al., 2012).

С другой стороны, у сцифистом медуз *Aurelia aurita* при изменениях солености морской воды Hsp из семейства 70 кДа (Hsp70) не выявлено (Black, Bloom, 1984). У амёб *Amoeba proteus* и инфузорий *Paramecium jenningsi*, *P. nephridiatum* и *Tetrahymena pyriformis* при изменениях солености среды их обитания в некоторых случаях индукция Hsp70 имела место, а иногда ее обнаружить не удавалось (Плеханов и др., 2006; Smurov et al., 2013). В работе Мураевой с соавторами (2015), посвященной протеомному анализу брюхоногих моллюсков *Littorina saxatilis* при экспериментальном гипоосмотическом стрессе, показано, что экспрессия белка с мол. массой 70 кДа усиливается и достигает максимума на 3—5-е сут воздействия. Однако этот белок не был идентифицирован с помощью масс-спектрометрии, поэтому авторы не обсуждают его шаперонную функцию и роль в механизме соленостной адаптации литторин. В нашей предыдущей работе, выполненной на моллюсках *M. edulis* из Белого моря, исследовано действие повышенной (35 ‰) и пониженной (14 ‰) солености, не выходящей за границы диапазона их соленостной толерантности, в пределах которого сохраняется активность у 100 % экспериментальных животных (Подлипаева, Бергер, 2012). Оказалось, что после длительной (11—14 сут) акклимации моллюсков к среде соленостью 14 и 35 ‰ уровень Hsp70 в клет-

ках жаберного эпителия мидий повышался по сравнению с контролем. Индукция Hsp70 была также зарегистрирована в клетках изолированных жабр мидий и при кратковременном (3 и 24 ч) воздействии на них пониженной солености (14 ‰). Действие солености, выходящей за пределы этого диапазона (14—35 ‰), не исследовали.

В связи с этим в настоящей работе стояла задача выяснить, изменяется ли содержание Hsp70 в клетках жаберного эпителия мидий *M. edulis* в процессе акклимации моллюсков к низкой солености (10 ‰), при которой у них срабатывает рефлекс изоляции. И если такие изменения имеют место, то выяснить, как они соотносятся с осмолярностью внутренней среды (мантийной жидкости) мидий.

### Материал и методика

Работа была выполнена в августе—сентябре 2014—2015 гг. на Беломорской биостанции Зоологического института РАН, расположенной в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря.

Мидии *Mytilus edulis* были собраны с искусственных субстратов на плантации для выращивания этих моллюсков, находящейся в районе Сон-острова. Перед экспериментами их выдерживали в море в сетчатых садках на глубине 2 м при солености 24—25 ‰ и температуре 8—12 °С. Эксперименты проводили на моллюсках, содержащихся при 10 °С в кристаллизаторах с морской водой соленостью 24—25 (контроль) и (эксперимент) 10 ‰. Воду меняли ежедневно. Моллюсков не кормили. Реакцию мидий на изменения солености морской воды оценивали по количеству активных моллюсков, определяя число особей с открытыми сифонами через 1 ч после помещения в воду иной солености. В экспериментах использовали несколько сотен мидий.

Содержание солей в экстрависцеральной жидкости моллюсков определяли с помощью электрокондуктометрической установки (Хлебович, Бергер, 1965). Для этой цели пробы экстрависцеральной (мантийной) жидкости предварительно разводили в 200 раз. Градуировку кондуктометрической установки производили с помощью растворов хлористого натрия при концентрации от 5 до 30 мг/л.

Полученные данные обрабатывали статистически. В таблице приведены средние арифметические данные по результатам 4—7 измерений и их 95%-ные доверительные интервалы.

Содержание Hsp в клетках жаберного эпителия мидий в процессе акклимации их к пониженной солености определяли методом иммуоблотинга. Пробы готовили через 1, 5, 9 и 14 сут пребывания мидий в воде соленостью 10 ‰. В этом случае мы используем понятие «отпрепарированная жабра». Кроме того, в одном из вариантов эксперимента в воду соленостью 10 ‰ на 1 сут помещали изолированные жабры мидий; моллюски до этого содержались в воде контрольной (24—25 ‰) солености. Такой вариант обозначен понятием «изолированная жабра». Для каждой точки эксперимента выделяли жабры 2—3 мидий, жаберный материал смешивали и из равных его количеств готовили соответствующую пробу. Методика получения и центрифугирования жаберных гомогенатов, обработки супернатантов, проведения SDS-электрофореза и электрооблотинга описана нами ранее (Подлипаева, Бергер, 2012).

Для выявления белков теплового шока на мембране использовали моноклональные антитела SPA 822 (Enzo Life Sciences, Великобритания). Зоны связывания белков с антителами к Hsp70 окрашивали на нитроцеллюлозе при помощи вторичных биотинилированных антител (Sigma-Aldrich, США) и экстравидина, конъюгированного со щелочной фосфатазой (Sigma-Aldrich, США) в результате проведения ферментативной реакции.

Для определения молекулярной массы выявляемых белков использовали маркеры ColourBurst (Sigma-Aldrich, США) и маркеры молекулярной массы Prestained Protein Ladder (Fermentas, Литва).

Для дополнительного выравнивания количества белка, наносимого на стартовый гель, перед электрооблотингом проводили калибровочные электрофорезы. Кроме того, для контроля нагрузки отрезали и окрашивали нижнюю часть геля (в зоне расположения полипептидов с мол. массой 30—10 кДа), с которого переносили белки на нитроцеллюлозную мембрану. Гели и их фрагменты окрашивали Кумасси R-250.

### Результаты и обсуждение

Количество активных моллюсков, помещенных из воды соленостью 25 ‰ (контроль) в разбавленную морскую воду соленостью от 25 до 0 ‰, представлено в таблице. Полученные данные свидетельствуют о том, что при солености 14 ‰ и выше мидии из Белого моря осуществляют активный водно-солевой обмен с внешней средой. В диапазоне от 8 до 12 ‰ только часть подопытных животных была активна, а другие изолировались от внешней среды. При меньшей солености все моллюски закрывали сифоны и захлопывали створки раковины. Наоборот, при более высокой солености все моллюски имели приоткрытые створки раковины и активно фильтровали воду. Аналогичные данные были получены и раньше (Бергер, Луканин, 1985; Подлипаева, Бергер, 2012).

Исследование изменений содержания солей в экстрависцеральной (мантийной) жидкости мидий, помещенных в воду соленостью 10 ‰ (рис. 1), свидетельствует о том, что моллюски довольно долго сохраняли более высокое содержание солей в мантийной жидкости, блокируя в той или иной степени обмен водой и солями с окружающей морской водой. У контрольных моллюсков при

Зависимость числа активных мидий от солености воды

Соленость, ‰	Доля активных моллюсков, %
0	0
2	0
6	0
8	16 ± 3
10	63 ± 5
12	95 ± 2
14	100
16	100
20	100
25	100

Примечание. Приведены средние арифметические значения по результатам 4—7 измерений и их 95%-ные доверительные интервалы.

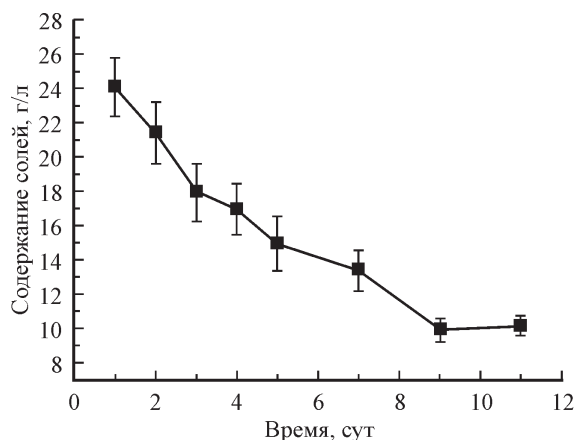


Рис. 1. Изменение содержания солей в мантийной жидкости мидий при их акклимации к солёности 10‰ в течение 11 сут.

солёности морской воды 25‰ содержание солей в мантийной жидкости было  $25 \pm 0.4$  г/л. На 5-е сут после начала акклимации мидий к солёности 10‰ содержание солей в мантийной полости было значительно выше, чем во внешней среде, — 15 г/л, что соответствует 15‰ солёности морской воды. Постепенно происходило выравнивание концентраций солей наружной и внутренней среды, которое завершалось полностью к 9-м сут после начала эксперимента. К этому времени все моллюски, содержащиеся в воде при солёности 10‰, имели приоткрытые створки раковины и фильтровали морскую воду; содержание солей в их мантийной жидкости также составляло 10 г/л.

В клетках отпрепарированных жабр моллюсков, содержащихся в воде с контрольной солёностью 25‰, иммуноблоттинг и ферментативная реакция выявляют на блотах слабую двойную зону, соответствующую полипептидам с мол. массой около 70 кДа (рис. 2, б, дорожка К). Белок с мол. массой около 40 кДа, который мы вы-

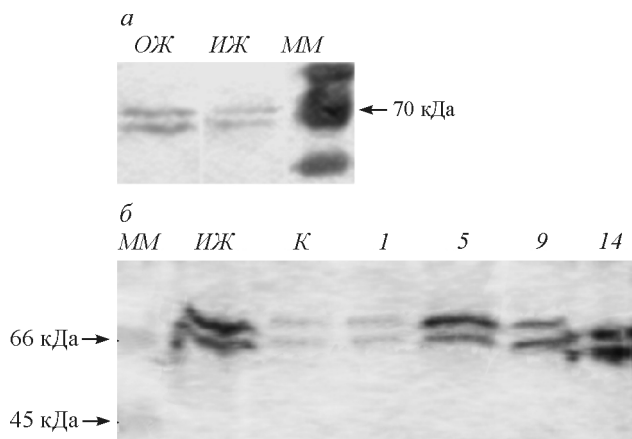


Рис. 2. Белок теплового шока Hsp70 в клетках жабр мидий в среде с солёностью 25 (контроль) и 10‰.

Дорожки (а): ОЖ — Hsp70 в отпрепарированных жабрах после пребывания мидий в течение 1 сут в воде контрольной солёности (25‰); ИЖ — Hsp70 в изолированных жабрах мидий, помещённых на 1 сут в воду контрольной солёности (25‰); ММ — маркер молекулярной массы. Дорожки (б): ММ — маркер молекулярной массы; ИЖ — 1 сут пребывания изолированных жабр в воде солёностью 10‰; К — контроль (24—25‰); 1, 5, 9, 14 — мидии через 1, 5, 9 и 14 сут пребывания в воде солёностью 10‰ соответственно.

являли ранее в отпрепарированных жабрах контрольных моллюсков и не обнаруживали после осмотических шоков или длительных акклимаций к пониженной или повышенной солёности, а также в изолированных жабрах мидий (Подлипаева, Бергер, 2012), в экспериментах 2014—2015 гг. не обнаружен. Причина может заключаться в изменениях каких-либо абиотических и (или) биотических факторов, отсутствовавших в сезонах 2010—2011 гг. В настоящей работе Hsp70 представлен во всех пробах двойной полосой (рис. 2, а, б), чего ранее мы не наблюдали у мидий (Подлипаева, Бергер, 2012), но наблюдали, например, у тетрахимен (Подлипаева и др., 2008).

Через 1 сут после содержания мидий в воде солёностью 10‰ изменений содержания Hsp70 в клетках их жаберного эпителия по сравнению с контролем практически не было (рис. 2, б, дорожки К, 1). Напротив, в клетках изолированной жабры через 1 сут после пребывания ее в воде пониженной солёности (10‰) имела место явно выраженная индукция Hsp70 (рис. 2, б, дорожки ИЖ, К). Отдельной серией экспериментов было установлено, что уровень содержания Hsp70 в эпителии изолированных жабр, помещённых в воду контрольной солёности (25‰), с гарантией не превышает такового в отпрепарированных жабрах у моллюсков из воды этой же солёности (рис. 2, а, дорожки ОЖ, ИЖ).

Далее, на 5-е сут акклимации мидий к 10‰, наблюдали отчетливую индукцию Hsp70 в клетках их жаберного эпителия (рис. 2, б, дорожки К, 5) и на 14-е сут содержание Hsp70 достигало максимума (рис. 2, б, дорожка 14). На основании полученных данных нельзя утверждать, что увеличение содержания Hsp70 в жабрах мидий, акклимированных к солёности 10‰, носило линейный характер, можно лишь с уверенностью сказать, что оно безусловно увеличивается от 1-х к 14-м сут (рис. 2, б, дорожки 1, 5, 9, 14). В связи с этим следует отметить, что нелинейные изменения вообще характерны для динамики адаптивных преобразований метаболизма. Их неоднократно отмечали раньше при изучении изменений как интенсивности синтеза РНК и белка, так и скорости потребления кислорода в клетках различных моллюсков, акклимируемых к изменениям солёности (Бергер, Харазова, 1971; Харазова, Бергер, 1974; Луканин, 1979; Бергер, 1986; Berger, Kharazova, 1997). Подобная динамика отражает явления фазности процессов адаптации и инерционности обратной связи соответствующих регуляторных механизмов (Grodins, 1963).

Сопоставление результатов настоящей работы по изменению содержания солей в мантийной жидкости (рис. 1) и динамики содержания Hsp70 в клетках жаберного эпителия моллюсков (рис. 2, б) позволяет заключить, что индукция белков семейства Hsp70, выявляемая на 5-е сут пребывания моллюсков в воде солёностью 10‰, фактически отражает клеточную реакцию организма и его шаперонной системы на воздействие солёности  $15 \pm 1.6$ ‰ (рис. 1), которая соответствует крайней точке диапазона 100%-ной активности мидий (см. таблицу). Непосредственное же воздействие воды солёностью 10‰ — более стрессовой, чем 15‰ для представителей *M. edulis*, — на внутренние органы и клетки мидий происходило лишь на 9-е сут, когда солёность их внутренней среды сравнялась с солёностью окружающей воды. Это воздействие также вызвало повышение уровня Hsp70 по сравнению с контролем (рис. 2, б, дорожки К, 9). Чтобы адекватно оценить соотношение уровня содержания

Hsp70 на 5-е и 9-е сут акклимации к 10 ‰, следует, по-видимому, более подробно расположить экспериментальные точки как при анализе содержания солей в мантийной жидкости, так и при определении содержания Hsp70 в жаберном эпителии экспериментальных моллюсков.

Индукция стрессовых белков у мидии *M. edulis* является ответом на изменения солености не внешней, а внутренней среды моллюсков, которая в свою очередь опосредованно реагирует на внешнее воздействие, во всяком случае, если изменение солености вызывает изолирующий рефлекс (в нашем случае снижение солености до 10 ‰). Это подтверждается результатами экспериментов с изолированными жабрами мидий, у которых всего через 1 сут пребывания в воде соленостью 10 ‰ индуцировались стрессовые белки с мол. массой 70 кДа. По-видимому, это происходило даже быстрее, что можно предполагать, в частности, на основании результатов работы Харазовой (1999) на изолированных жабрах мидий.

Таким образом, анализируя динамику экспрессии Hsp70 в жабрах мидий в процессе акклимации моллюсков к соленостям среды, находящимся вне диапазона их соленостной толерантности, следует учитывать данные об изменении содержания солей в мантийной жидкости. В зависимости от удаленности значения экспериментальных точек от границ данного диапазона мидиям будет требоваться разное время для выравнивания водно-солевого состава внутренней и внешней среды. Это необходимо принимать во внимание при выборе сроков для проведения анализа.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-04-03451).

#### Список литературы

- Бергер В. Я. 1986. Адаптации морских моллюсков к изменениям солености среды. Л.: Наука. 218 с. (*Berger V. Ja. 1986. Adaptations of marine mollusks to environmental salinity changes. L.: Nauka. 214 p.*)
- Бергер В. Я., Луканин В. В. 1985. Адаптивные реакции мидии Белого моря на изменения солености среды. В кн.: Исследование мидии Белого моря. Л.: Зоологический ин-т АН СССР. 4—21. (*Berger V. Ja., Lukanin V. V. 1985. Adaptive reactions on environmental salinity changes in the mussels from the White Sea. In: Investigation of the mussel of the White Sea. L.: Zool. Inst. Acad. Sci. USSR. 4—21.*)
- Бергер В. Я., Харазова А. Д. 1971. Исследование субстанциональных изменений и синтеза белка в процессе адаптации некоторых беломорских моллюсков к пониженной солености среды. Цитология. 13 (10): 1299—1303. (*Berger V. Ja., Kharazova A. D. 1971. The investigations of substantial changes and of protein synthesis during the adaptation to lowered salinities of the environment in some White Sea snails. Tsitologiya 13 (10): 1299—1303.*)
- Ермилова Е. В. 2007. Молекулярные аспекты адаптации прокариот. СПб.: Изд-во СПбГУ. 299 с. (*Ermylova E. V. 2007. Molecular aspects of prokaryotic adaptations. SPb.: Uni. Press. 299 p.*)
- Луканин В. В. 1979. Клеточные и организменные реакции беломорских мидий на сезонные изменения солености среды. Журн. общ. биол. 11 (5): 746—750. (*Lukanin V. V. 1979. Cellular and organism reactions of the White Sea mussels on environmental salinity changes. Biol. Bul. Rev. 11: 746—750.*)
- Маргулис Б. А., Гужова И. В. 2000. Белки стресса в эукариотической клетке. Цитология. 42 (4): 323—342. (*Margulis B. A., Guzhova I. V. 2000. Stress proteins in eukaryotic cells. Tsitologiya. 42 (4): 323—342.*)
- Маргулис Б. А., Гужова И. В. 2009. Двойная роль шаперонов в ответе клетки и всего организма на стресс. Цитология. 51 (3): 219—228. (*Margulis B. A., Guzhova I. V. 2009. Dual role of chaperones in the response of a cell and of a whole organism to stress. Tsitologiya. 51 (3): 219—228.*)
- Мураева О. А., Мальцева А. Л., Михайлова Н. А., Гранович А. И. 2015. Механизмы адаптации к соленостному стрессу у морских гастропод *Littorina saxatilis*: протеомный анализ. Цитология. 57 (12): 917—926. (*Muraeva O. A., Maltseva A. L., Mikhailova N. A., Granovitch A. I. 2015. Proteomic analysis of adaptive mechanisms to salinity stress in marine gastropods *Littorina saxatilis*. Tsitologiya. 57 (12): 917—926.*)
- Плеханов А. Ю., Смуров А. О., Подлипаева Ю. И., Иванова Л. О., Гудков А. В. 2006. Белок теплового шока пресноводных простейших и его участие в адаптации к изменениям солености среды обитания. Цитология. 48 (6): 530—534. (*Plekhanov A. Yu., Smurov A. O., Podlipaeva Yu. I., Ivanova L. O., Goodkov A. V. 2006. Heat shock proteins of freshwater protists and their involvement in adaptation to changes in environmental salinity. Tsitologiya. 48 (6): 530—534.*)
- Подлипаева Ю. И., Бергер В. Я. 2012. Изменения содержания белков теплового шока семейства 70 кДа в клетках жаберного эпителия моллюсков *Mytilus edulis* L. в зависимости от солености среды. Цитология. 54 (7): 580—584. (*Podlipaeva Yu. I., Berger V. Ya. 2012. Changes of heat shock proteins content in the gill epithelium cells of mussel *Mytilus edulis* L. depending upon the salinity of medium. Tsitologiya. 54 (7): 580—584.*)
- Подлипаева Ю. И., Смуров А. О., Гудков А. В. 2008. Изменение уровня содержания белка теплового шока семейства 70 кДа у инфузории *Tetrahymena pyriformis* в процессе адаптации к изменению солености среды. Цитология. 50 (7): 619—622. (*Podlipaeva Yu. I., Smurov A. O., Goodkov A. V. 2008. Expression of heat shock protein 70 kDa in *Tetrahymena pyriformis* during cell adaptation to salinity changes in the medium. Tsitologiya. 50 (7): 619—622.*)
- Харазова А. Д. 1999. Цитологические основы адаптации морских моллюсков к изменениям солености среды: Автореф. докт. дис. СПб.: СПбГУ. 33 с. (*Kharazova A. D. 1999. Cytological bases of adaptations of marine mollusks to environmental salinity changes. Doct. Thesis. SPb.: Univ. Press. 33 p.*)
- Харазова А. Д., Бергер В. Я. 1974. Изменения синтеза РНК в тканях моллюска *Littorina littorea* при понижении солености среды. Цитология. 16 (2): 241—243. (*Kharazova A. D., Berger V. Ja. 1974. Changes of RNA synthesis in tissues of mollusks *Littorina littorea* with the lowering of water salinity. Tsitologiya 16 (2): 241—243.*)
- Хлебович В. В., Бергер В. Я. 1965. Опыт электрокондуктометрического исследования водно-солевого обмена некоторых гидробионтов. Гидробиол. журн. 1 (5): 57—61. (*Khlebovich V. V., Berger V. Ja. 1965. The experience of electroconductometrical investigation of water-salt balance of some hydrobionts. Rus. J. Hydrobiol. 1 (5): 57—61.*)
- Бергер В. Я., Харазова А. Д. 1997. Механизмы соленостной адаптации в морских моллюсках. *Hydrobiologia*. 7: 1—12.
- Black R. E., Bloom L. 1984. Heat shock proteins in *Aurelia* (Cnidaria, Scyphozoa). *J. Exp. Zool.* 230: 303—307.
- Cohen D., Wasseran J., Gullans S. 1991. Immediate early gene and HSP70 expression in hyperosmotic stress in MDCK cells. *Amer. J. Physiol.* 261: 594—601.
- Feder M.E., Hofmann G.E. 1999. Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology. *Ann. Rev. Physiol.* 61: 243—282.
- Grodins F. S. 1963. Control theory and biological systems. New York; London: Columbia Univ. Press. 254 p.
- Hochachka P. W., Somero G. N. 2002. Biochemical adaptation. Mechanism and process in physiological evolution. Oxford: Univ. Press. 466 p.
- Kroeger H. 1963. Chemical nature of the system controlling gene activities in insect cells. *Nature*. 200: 1234—1235.
- Petronini P., De Angelis W., Borghetti A., Wheller K. 1993. Effect of betaine on HSP70 expression and cell survival during adaptation to osmotic stress. *Biochem. J.* 293: 553—558.

Radlowska M., Pempkowiak J. 2002. Stress-70 as indicator of heavy metals accumulation in blue mussel *Mytilus edulis*. Environ. Int. 27 : 605—608.

Ritossa F. 1962. A new puffing pattern induced by heat-shock and DNP in *Drosophila*. Experientia. 18 : 571—573.

Smurov A., Podlipaeva Yu., Skarlato S., Goodkov A. 2013. Heat shock proteins of free-living ciliates and their impact on cell adaptation to salinity stress. Protistology. 8 : 8—15.

Tissieres A., Mitchell H. K., Tracy U. M. 1974. Protein synthesis in salivary glands of *Drosophila melanogaster*: relation to chromosome puffs. J. Mol. Biol. 84 : 189—213.

Tomanek L., Zuzow M. J., Hitt L., Serafini L., Valenzuela J. J. 2012. Proteomics of hyposaline stress in blue mussel congeners (genus *Mytilus*) : implications for biogeographic range limits in response to climate change. J. Exp. Biol. 215 : 3905—3916.

Поступила 20 II 2016

CONTENT OF 70 kDa STRESS PROTEIN DURING ACCLIMATION  
OF MUSSEL *MYTILUS EDULIS* L. TO LOW SALINITY

Yu. I. Podlipaeva,<sup>1</sup> A. V. Goodkov,<sup>1</sup> V. Ya. Berger<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Cytology RAS, St. Petersburg, 194064, and <sup>2</sup> Zoological Institute RAS, St. Petersburg, 199034;

<sup>1</sup> e-mail: podlipaeva@gmail.com

The paper deals with the dynamics of stress-proteins content in gill epithelium of bivalved mollusks *Mytilus edulis* in the course of their phenotypic adaptation to the changes of environmental salinity. It has been shown that in low salinity (10 ‰) causing the work of «isolating reflex», the induction of stress proteins from HSP70 family comes on the 5th day of the acclimation. Parallel measurements of the mussels extravisceral liquid osmolarity have shown that the signal for stress-protein induction in these mollusks is the osmolarity of their inner medium, but not the salinity of marine water outside.

**Key words:** stress proteins, HSP70, salinity, mussels.