

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ, МОРФОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

УДК 639.371.2.041.06 : 639.3.043.13 : 636.087.72

РОЛЬ МИНЕРАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СИСТЕМЫ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА (НА ПРИМЕРЕ МОЛОДИ РУССКОГО ОСЕТРА)

Сергей Сергеевич Абросимов, кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

Филиал Московского государственного университета технологий и управления в г. Ростове-на-Дону (РО МГУТУ),
344092, г. Ростов-на-Дону, ул. Семашко, 55,
тел. (8863) 299-90-81, e-mail: abrosimovss@yandex.ru

Дополнительное введение в стартовые комбикорма минеральных препаратов из мидий в количестве 5 и 10 %, а также медузы в количестве 0,5 %, сбалансированных по Se, оказывают положительное влияние на рост и развитие молоди осетра. Показано, что селеносодержащие минеральные препараты способствуют снижению уровня перекисного окисления липидов в тканях молоди и улучшению функционирования их антиоксидантной защиты. Это проявляется в повышении темпа роста и выживаемости молоди, эффективности использования протеина и энергии корма на прирост, улучшении липидного и энергетического обмена, снижении уровня гидроперекисей и активации антиоксидантов.

Ключевые слова: русский осетр, молодь, комбикорм, мидия, медуза, липиды, обмен, гидроперекиси, антиоксиданты.

THE ROLE OF MINERAL PREPARATIONS IN THE FUNCTIONING OF ANTIOXIDANT PROTECTION SYSTEM OF AN ORGANISM (EXEMPLIFIED BY YOUNG RUSSIAN STURGEON)

Abrosimov Sergey S.

Mineral preparations produced from mussels and jelly-fish and equalized by Se were added in concentrations 5 and 10 % and 0,5 %, respectively, into starting mixed feeds and had a positive effect on growth and development of young sturgeon. Mineral preparations containing selenium were shown to decrease lipid peroxidation level in the fish tissues and improve their antioxidant protection. As a result, growth rate and survival of the young increased, protein was used more effectively, lipid and energy metabolism improved, the level of hydroperoxides decreased and antioxidants activated.

Key words: Russian sturgeon, young, mixed feeds, mussel, jelly-fish, lipids, metabolism, hydroperoxides, antioxidants.

Минеральное питание рыб – неотъемлемая часть общего питания. Макро- и микроэлементы, присутствуя в незначительных концентрациях в структуре ряда важнейших ферментов, гормонов, витаминов и других биохимических регуляторов, способны стимулировать или угнетать многие обменные процессы [5]. Особую роль среди микроэлементов играют Se, Zn, Cu, Mn, положительно влияющие на промежуточный обмен. Дефицит минералов отрицательно сказывается не только на росте и развитии рыб, но и на их здоровье ввиду низкого уровня защитной системы организма. Так, при дефиците минеральных веществ у молоди осетра активность супероксидсмутазы (СОД) и α -токоферола снижалась более чем в 1,5 раза, уровень докозагексаеновой жирной кислоты и соотношение $\omega 3 / \omega 6$ в общих липидах и

фосфолипидах более чем в 1,3 и 1,6 раз соответственно [1].

Высказывалось мнение, что корма, содержащие более 15 % рыбной муки, полностью удовлетворяют потребность рыб в минеральных элементах. Однако дополнительное введение в состав комбикормов минеральных добавок способствует повышению роста, выживаемости и нормализации обменных процессов у осетровых рыб [1; 6; 7]. По-видимому, это связано с тем, что Mn, Cu, Zn, P рыбной муки и, возможно, другие элементы находятся в плохо усвояемой форме [9; 10].

Вышеизложенное послужило основанием для поиска эффективных минеральных добавок для ранней молоди осетровых рыб. В качестве таких добавок мы использовали продукты переработки мидий и медузы, явным достоинством которых является большой набор макро- и микроэлементов, в том числе Se.

При подборе нормы ввода минеральных добавок мы ориентировались на потребность молоди осетровых в макроэлементах при оптимальном соотношении Na–K, Ca–P, Ca–Mg и допустимых норм Se [2]. Исходя из этих показателей, в состав комбикормов вводили препараты из мидий в количестве 5 и 10 %, порошок медузы – 0,5 %.

Кормовой препарат из мидий

За 32 суток выращивания молоди осетра существенных различий в темпе роста, коэффициенте упитанности и кормовых затратах между опытными и контрольными рыбами не отмечали (табл. 1).

Таблица 1

Рыбоводно-биологические показатели выращивания молоди осетра на кормах с препаратом из мидий (ПМ)

| Показатели | Корма | | |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | 5 % ПМ | 10 % ПМ | Контроль |
| Масса, мг: | | | |
| начальная | 49,2 ± 1,2 | 49,2 ± 1,2 | 49,2 ± 1,2 |
| конечная | 1546,2 ± 144,2 | 1550,6 ± 143,4 | 1513,1 ± 138,3 |
| Выживаемость, % | 46,3–153,8 | 39,3–130,6 | 30,1 |
| Коэффициент упитанности, ед. | 1,0 ± 0,04 | 1,0 ± 0,04 | 1,1 ± 0,04 |
| Затраты кормов, г/г прироста | 1,3 | 1,5 | 1,4 |
| ЭИП, % | 14,1 | 11,1 | 8,9 |
| ЭИЭ, % | 10,2 | 8,9 | 6,5 |

Среднесуточный темп роста изменялся в пределах 48,9–50,0 мг/сут., коэффициенты упитанности по Фультону и затраты кормов на 1 г прироста между вариантами не превышали 0,1 ед. Но при этом выживаемость и эффективность использования протеина (ЭИП) и валовой энергии (ЭИЭ) кормов на рост молоди в опытных вариантах увеличились соответственно более чем на 30, 20 и 35 % относительно контроля.

У молоди осетра на кормах с препаратом из мидий уровень триацилглицеридов и фосфолипидов был выше соответственно на 5,5–13,5 и 22,5–28,8 % по сравнению с контрольной молодью (рис. 1).

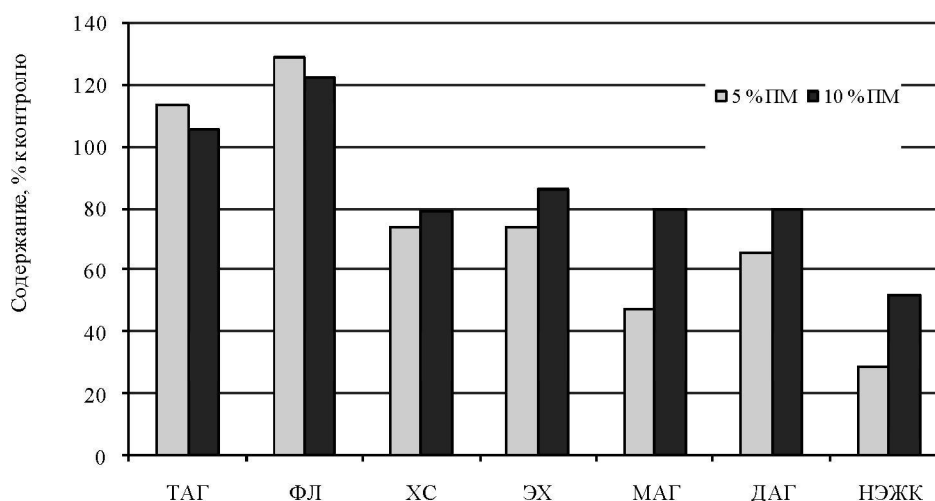


Рис. 1. Липидный состав тела молоди осетра на кормах с препаратом из мидий, % к контролю (контроль принят за 100 %):
 ТАГ – триацилглицерины; ФЛ – фосфолипиды; XC – холестерин;
 ЭХ – эфиры холестерина;
 МАГ – моноацилглицерины; ДАГ – диацилглицерины;
 НЭЖК – неэстерифицированные жирные кислоты

Наибольшие различия фракционного состава липидов опытной и контрольной молоди отмечены в содержании неэстерифицированных жирных кислот, уровень которых у опытной молоди был в 1,9–3,5 раз ниже. Уменьшился у них также уровень холестерина на 21–26 %, эфиров холестерина – на 13,7–26,3 %, моно- и диацилглицеринов – на 20,6–52,9 и 20,0–34,3 % соответственно. Причем, с повышением количества введенного препарата, различия содержания отдельных липидов у опытной молоди в сравнении с контролем снижались.

При относительно равном уровне насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в спектре триацилглицеринов и фосфолипидов у опытной молоди сумма жирных кислот $\omega 3$ ряда на 10 и 30–38 % была выше, а $\omega 6$ ряда – на 33–34 и 17–25 % ниже по сравнению с контрольной молодью. Соответственно, отношение $\omega 3 / \omega 6$ как в триацилглицеринах, так и в фосфолипидах у опытных рыб было на 68–73 и 50–75 % выше. Следует отметить, что с повышением количества препарата из мидий в комбикорме эти различия более выражены.

На кормах с добавлением мидийного препарата у молоди осетра отмечено снижение уровня лизофосфатидилхолина более чем 2 раза, что свидетельствует о лучшем физиологическом состоянии опытной молоди по сравнению с контрольной. В меньшей степени у опытных рыб уменьшилось содержание инозитфосфатидов (на 16,7–25,0 %) и кардиолипинов с полиглицерофосфатидами (на 14,3 %). Различия по другим фосфолипидам не превышали 8,3 % (рис. 2).

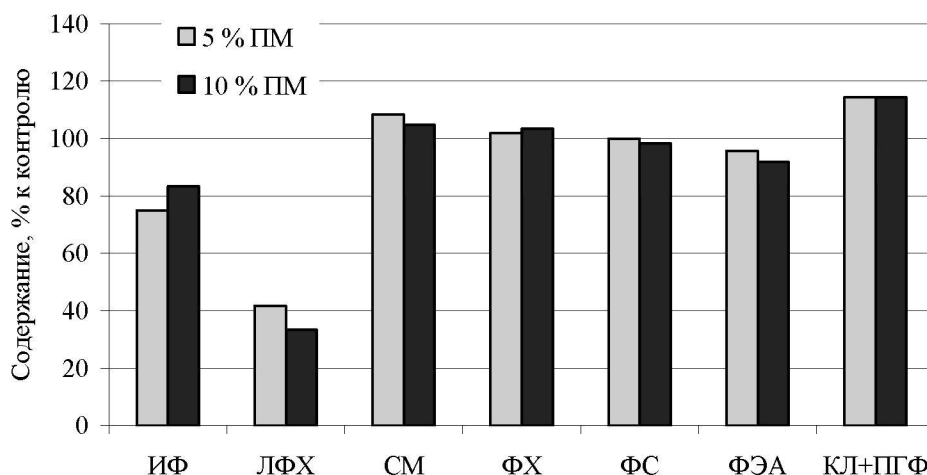


Рис. 2. Фосфолипидный спектр липидов молоди осетра на кормах с препаратом из мидий, % к контролю (контроль принят за 100 %):
 ИФ – инозитфосфатиды; ЛФХ – лизофосфатидилхолины; СМ – сфингомиелины;
 ФХ – фосфатидилхолины; ФС – фосфатидилсерины; ФЭА – фосфатидилэтаноламины;
 КЛ+ПГФ – кардиолипиды+полиглицерофосфатиды

Направленность липидного обмена в организме характеризует соотношение мембранных и запасных липидов – фосфолипидов к триацилглицеридам (ФЛ/ТАГ), а также соотношение холестерина к фосфолипидам (ХС/ФЛ). Об энергетическом обмене судят по соотношению фосфатидилхолинов к фосфатидилэтаноламинам (ФХ/ФЭА).

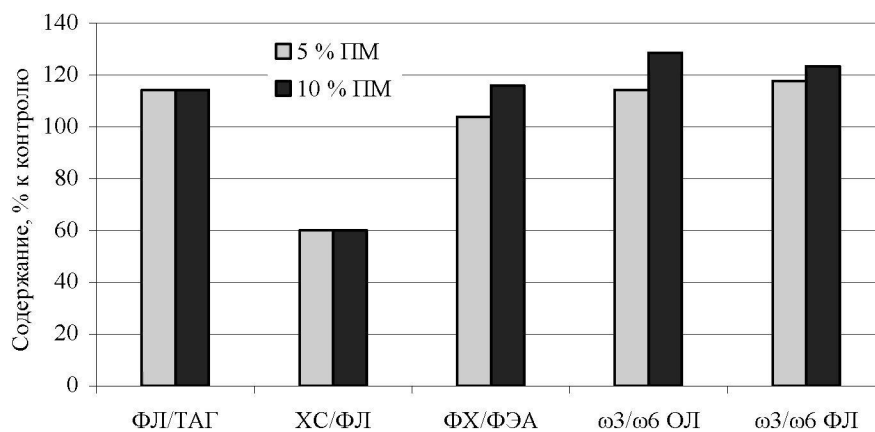


Рис. 3. Показатели липидного и энергетического обмена молоди осетра на кормах с препаратом из мидий, % к контролю (контроль принят за 100 %):
 ФЛ/ТАГ – фосфолипиды/триацилглицериды, ХС/ФЛ – холестерин/фосфолипидам;
 ФХ/ФЭА – фосфатидилхолины/фосфатидилэтаноламины,
 ОЛ – общие липиды, FL – фосфолипиды

Так, соотношение фосфолипидов к триацилглицеридам у опытной молоди превышало контрольный вариант на 14 %, холестерина к фосфолипидам (коэффициент Дьёрдии) снизилось на 40 %. Повышение доли фосфолипидов и уменьшение коэффициента Дьёрдии при одновременном снижении лизофракции свидетельствует о

повышении устойчивости клеточных мембран и усилении антиоксидантных систем организма.

У опытной молодежи отмечено увеличение на 4–16 %, соотношения ФХ/ФЭА, которое обусловлено снижением уровня фосфатилэтанолламинов на 4–8 % по сравнению с контролем. Это указывает на более оптимальный энергетический обмен за счет повышения скорости окисления фосфатилэтанолламинов при нормальном синергическом взаимодействии между фосфатидилхолином и антиоксидантами [4].

О более благоприятном энергетическом обмене и физиологическом состоянии опытной молодежи свидетельствует также баланс жирных кислот $\omega 3$ и $\omega 6$, соотношение между которыми в общих липидах и фосфолипидах на 14,3–28,6 % и 17,6–23,5 %, соответственно, был выше, чем у контрольных рыб (см. рис. 3).

Данные липидного и энергетического обмена у молодежи осетра при введении в корма препарата из мидий указывают на стабильность радикалообразования в их организме и, соответственно, нормализации процессов перекисного окисления липидов. Такой вывод подтверждается снижением уровней гидроперекисей и повышением активности естественных антиоксидантов организма молодежи (рис. 4).

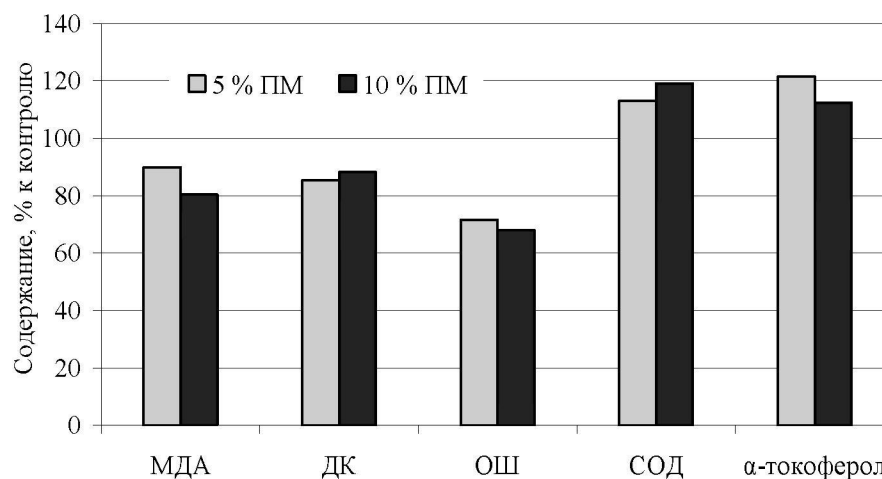


Рис. 4. Уровень гидроперекисей и антиоксидантов в мышцах молодежи осетра на кормах с препаратом из мидий, % к контролю (контроль принят за 100 %): МДА – малоновый диальдегид; ДК – диеновые конъюгаты; ОШ – основания Шиффа; СОД – супероксидсмутаза

Так, содержание малонового диальдегида в мышцах опытной молодежи по сравнению с контролем уменьшилось на 10,1–19,6 %, диеновых конъюгатов – на 11,8–14,7 %, оснований Шиффа – на 28,4–31,9 %. При этом активность супероксидсмутазы увеличилась на 13,0–19,1 %, а α -токоферола – 12,4–21,5 %. Эти показатели свидетельствуют о лучшей сформированности антиоксидантной защитной системы организма молодежи осетра при введении в рацион препарата из мидий.

Порошок медузы

На 40-й день выращивания молодежи осетра на кормах с порошком медузы среднесуточный темп роста и соответственно масса молодежи превышали контрольный вариант почти в 1,5 раза, выживаемость – на 17,1 %. Эффективность использования протеина и энергии кормов на прирост повысилась более чем в 1,5 раза (табл. 2).

Таблица 2

**Рыбоводно-биологические показатели выращивания
молоди осетра на кормах с порошком медузы**

| Показатели | Корма | |
|------------------------------|-------------|-------------|
| | опыт | контроль |
| Масса, мг: | | |
| начальная | 42 ± 0,8 | 42 ± 0,8 |
| конечная | 3044 ± 241 | 2016 ± 208 |
| Выживаемость, % | 60,9 | 52,0 |
| Коэффициент упитанности, ед. | 1,04 ± 0,04 | 0,94 ± 0,04 |
| Затраты кормов, г/г прироста | 0,8 | 1,1 |
| ЭИП, % | 22,0 | 14,6 |
| ЭИЭ, % | 16,7 | 11,0 |

При этом затраты кормов на единицу прироста рыб уменьшились на 0,3 ед., а коэффициент упитанности по Фультону увеличился на 0,1 ед.

Кроме того, у рыб на кормах с порошком медузы отмечено существенное накопление в теле метионина, аргинина и лизина, несмотря на относительно меньшие затраты их с кормом. Подобная картина свидетельствует о большей интенсивности окислительно-восстановительных процессов, протекающих в организме, и характеризует достаточно высокую липидную функцию печени и синтеза белков [3].

Направленность липидного и энергетического обмена у молоди на кормах с порошком медузы аналогична молоди на кормах с препаратом из мидий.

Так, у опытной молоди соотношение ФЛ/ТАГ превышало контрольный вариант на 15,9 %, ФХ/ФЭА – на 9,8 %, а коэффициент Дьёрдии уменьшилось на 36 %. Эти изменения обусловлены существенным (на 25,2 %) повышением уровня фосфолипидов и снижением (на 20,9 %) содержания холестерина. Различия в соотношении ФХ/ФЭА вызваны незначительным (на 3,4 %) повышением уровня фосфатидилхолина при снижении на 32,3 % фосфатидилэтаноламинов. Эти изменения в липидном спектре опытной молоди свидетельствуют о положительном влиянии порошка медузы на физиологическое состояние рыб за счет стабилизации липидного и энергетического обмена, что подтверждается балансом жирных кислот линолевого и линоленового ряда (рис. 5).

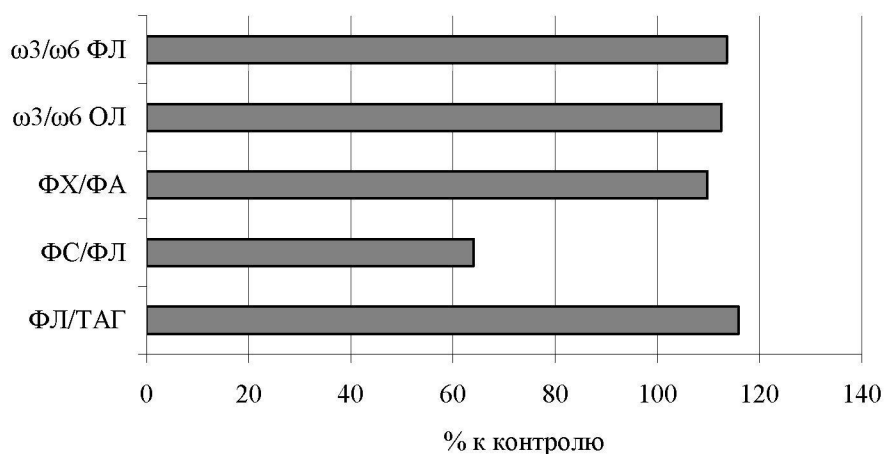


Рис. 5. Показатели липидного и энергетического обмена молоди русского осетра на кормах с порошком медузы, % к контролю (контроль принят за 100 %); обозначения те же, что на рис. 3

Соотношение $\omega 3 / \omega 6$ в общих липидах и фосфолипидах опытной молодежи превышало контрольный вариант соответственно на 12,5 и 9,5 %, свидетельствуя о более благоприятном энергетическом обмене, процесса перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты организма.

Динамическое равновесие свободнорадикального окисления на кормах с порошком медузы подтверждают также данные, характеризующие процессы перекисного окисления липидов у молодежи осетра, согласно которым у опытных рыб повышается уровень антиоксидантов на фоне снижения количества гидроперекисей (рис. 6).

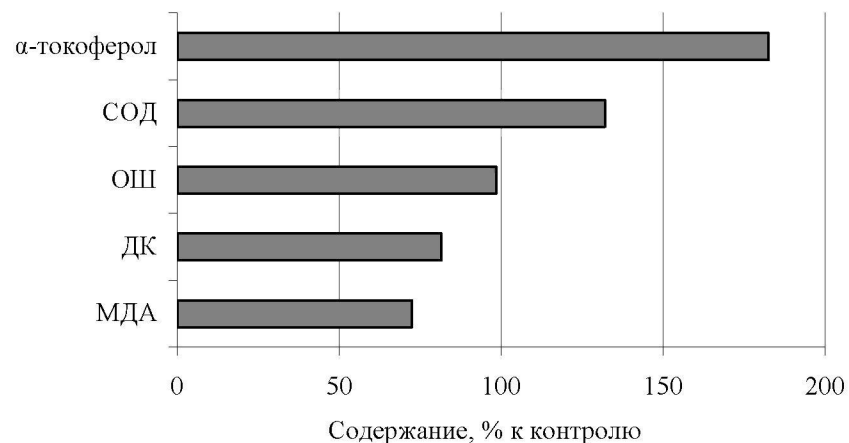


Рис. 6. Уровень гидроперекисей и антиоксидантов в мышцах молодежи осетра на кормах с порошком медузы, % к контролю (контроль принят за 100 %): МДА – малоновый диальдегид; ДК – диеновые конъюгаты; ОШ – основания Шиффа; СОД – супероксидсмутаза

Так, уровень малонового диальдегида у опытной молодежи уменьшился на 27,6 %, диеновых конъюгатов – на 18,4 % и хотя незначительно (на 1,5 %) оснований Шиффа. Более значимы повышения активности антиоксидантов: СОД – на 32,1 % и α-токоферола – более чем в 1,8 раза.

Таким образом, введение в рацион молодежи осетра минеральных препаратов из мидии и медузы, богатых макро- и микроэлементами, в том числе Se, способствует повышению активности антиоксидантной системы рыб за счет снижения и стабилизации перекисного окисления липидов.

Библиографический список

1. **Абросимов С. С.** Стресс-факторы и их влияние на физиолого-биохимический статус молодежи осетровых / С. С. Абросимов // Труды Кубанского гос. аграрного ун-та. – Краснодар : Изд-во КубГАУ, 2008. – Вып. 3(12). – С. 93–98.
2. **Абросимова Н. А.** Корма и кормление молодежи осетровых рыб в индустриальной аквакультуре : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Н. А. Абросимова. – М. : Изд-во ВНИИПРХ, 1997. – 76 с.
3. **Беренштейн Т. Ф.** Материалы по биохимии витамина Е и селена и их применение в медицине и животноводстве / Т. Ф. Беренштейн. – Киев : Наукова думка, 1973. – С. 19.
4. **Бурлакова Е. Б.** Исследование роли функциональных групп в действии фосфолипидов как синергистов окисления / Е. Б. Бурлакова, Н. М. Сторожок, Н. Г. Храпова // Биологические мембраны. – 1990. – Т. 7, № 6. – С. 612–617.
5. **Ноздриюкина Л. П.** Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека / Л. П. Ноздриюкина. – М. : Наука, 1977. – 312 с.

6. **Пономарев С. В.** Биологические основы разведения осетровых и лососевых рыб на интенсивной основе : монография / С. В. Пономарев, Е. Н. Пономарева. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2003. – 256 с.

7. **Сазонова Л. В.** Эффективность применения полиминерального препарата естественного происхождения при выращивании молоди осетровых / Л. В. Сазонова, С. С. Абросимов // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития : мат-лы докладов III Междунар. науч.-практ. конф. – Астрахань, 2004. – С. 206–210.

8. **Семенкова Т. В.** Эколого-гистофизиологический анализ печени и некоторые аспекты регуляции липидного обмена у сибирского осетра : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т. В. Семенкова. – Л. : Изд-во ГосНИОРХ, 1998. – 21 с.

9. **Щербина М. А.** Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамьгин. – М. : Изд-во ВНИРО, 2006. – 360 с.

10. **Watanabe T.** Trace minerals in fish nutrition / T. Watanabe, V. Kirov, S. Satoh // Aquaculture. – 1997. – Vol. 151, № 1–4. – P. 185–207.

УДК. 616.831.4:616-091.818:612.65

ОСОБЕННОСТИ В ЭКСПРЕССИИ БЕЛКОВ-МАРКЕРОВ АПОПТОЗА В НЕЙРОСЕКРЕТОРНЫХ КЛЕТКАХ ГИПОТАЛАМУСА НА ПОЗДНЕМ ЭТАПЕ ОНТОГЕНЕЗА*

Юлия Владимировна Азизова¹, кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры физиологии и морфологии человека и животных

Давид Львович Теплый¹, доктор биологических наук., профессор, заведующий кафедрой физиологии и морфологии человека и животных

Елена Давыдовна Бажанова², кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории сравнительной сомнологии и нейроэндокринологии

Ольга Николаевна Позднякова¹, кандидат биологических наук., старший научный сотрудник лаборатории экспериментальной физиологии

Людмила Михайловна Мяснянкина¹, кандидат медицинских наук, доцент кафедры физиологии и морфологии человека и животных.

Астраханский государственный университет¹,

414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20 а,
тел. (8-512) 25-17-09; e-mail: abatnina@mail.ru

Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН²,

14223, г. Санкт-Петербург, пр. М. Тореза, 44,
тел. (812) 552-32-27; e-mail: bazhanova@mail.ru

Мы исследовали особенности экспрессии уровня апоптоза и иммуногистохимических проб в экспрессии белков маркеров апоптоза (Bax, p53, Bcl-2, Mcl-1) в нейросекреторных клетках гипоталамуса мышей альфа-токоферолацетатом. Мы обнаружили, что для антиапоптозного эффекта альфа-токоферола связующим звеном служит Bcl-2.

Ключевые слова: апоптоз, гипоталамус, онтогенез.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-04-00102).