



ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА ЭПЕНДИМИНА В НЕКОТОРЫХ ТКАНЯХ И ЖИДКОСТЯХ ОРГАНИЗМА СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ *CARASSIUS GIBELIO* (BLOCH, 1782) В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Д.В. Гарина (фото)

к.б.н., с.н.с. лаборатории экологической биохимии ИБВВ РАН
Е.Г. Скворцова

к.б.н., доцент, заведующий кафедрой зоотехнии
М.И. Замыслова

обучающаяся

ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА

А.С. Васильев

ведущий инженер лаборатории экологической биохимии
ИБВВ РАН

*Эпендимины, серебряный
карась, сыворотка
крови, спинномозговая
жидкость, SDS-
электрофорез,
содержание белка*

*Ependymins, prussian carp,
blood serum, cerebrospinal
fluid, SDS-electrophoresis,
protein content*

Интерес к капиллярной фильтрации белков плазмы у животных обусловлен прежде всего ее значительной ролью в поддержании осмотического гомеостаза организма. У костистых рыб имеется ряд особенностей в белковом составе тканевых жидкостей и динамике капиллярной фильтрации белков плазмы по сравнению с теплокровными животными. Одной из таких особенностей является наличие в тканевых жидкостях рыб значительного (сопоставимого по концентрации с плазмой крови) количества белка. Причинами этого могут быть высокая проницаемость стенки капилляра, несовершенство лимфатической системы и невысокая скорость кровообращения [1]. Имеющиеся в литературе сведения о содержании белка в биологических жидкостях рыб носят противоречивый характер [2], что обуславливает необходимость систематизации и уточнения имеющихся сведений.

Основным белковым компонентом спинномозговой жидкости костистых рыб являются эпендимины. Эпендимины участвуют в регуляции важнейших жизненных функций у рыб, таких как обучение [3], сезонный репродуктивный цикл и связанная с ним миграция [4, 5], формирование социального статуса [6], адаптация к низкой температуре [7]. Однако несмотря на значительный интерес к этим белкам, особенности их метаболизма в организме рыб и функции во многом остаются неясными.

Цель нашего исследования заключалась в определении концентрации общего белка и эпендимина в спинномозговой жидкости, сыворотке крови, в мозге и печени серебряного карася в летний период.

Материал и методы исследования

Работа выполнена на серебряных карасях *Carassius gibelio* (Bloch, 1782), пойманных в ихтиологическом канале ИБВВ РАН. Отлов первой

выборки рыб проводился 8 июля, второй выборки – 26 июля. После поимки и транспортировки рыб в лабораторию их измеряли, взвешивали, определяли стадию зрелости половых продуктов [8]. Средняя масса рыб составила $32,6 \pm 3,8$ г, длина – $12,2 \pm 0,3$ см. Всего было исследовано 19 карасей, среди которых 11 самок и 4 самца со стадией зрелости гонад I–II и 4 неполовозрелых особи.

Для получения сыворотки кровь отбирали из хвостовых сосудов рыб, после чего отстаивали ее при 4°C до образования сгустка. Отстоявшуюся сыворотку отбирали дозатором в пробирки и замораживали при -18°C . Спинномозговую жидкость получали, вскрывая мозговую коробку рыбы с помощью ножниц в месте соединения средней обонятельной и лобных костей. Через образовавшееся отверстие вводили наконечник микропипетки и отбирали жидкость в количестве 5–10 мкл, которую также замораживали при -18°C .

Мозг изымали целиком, взвешивали (масса около 90–220 мг) и замораживали в пробирках Эппендорф при -18°C . Иссекали печень и отбирали пробу массой навески от 50 до 200 мг, после чего также замораживали в пробирках Эппендорф. Образцы тканей и жидкостей хранили в замороженном виде до начала анализа (1–8 дней).

Общее количество белка в жидкостях, а также экстрактах мозга и печени рыб определяли микробиуретовым методом [9]. Для получения водорастворимой фракции белков мозга и печени навески тканей гомогенизировали в экстрагирующем буфере: к пробе ткани прибавляли 400 мкл буфера и растирали тefлоновым пестиком в течение 1–2 мин. Состав экстрагирующего буфера: 0,05 М фосфатный буфер (pH 7,2–7,5), 0,3 М NaCl, 5 mM ЭДТА, 0,1% раствор тритона X-100 [10]. Далее центрифугировали гомогенаты на центрифуге с охлаждением при 10000 об/мин в течение 1 ч, отбирали надосадочную жидкость (экстракт), которую использовали в дальнейшем для определения концентрации водорастворимых белков и SDS-электрофореза.

Анализ белкового состава сыворотки крови (СК), спинномозговой жидкости (СМЖ), экстрактов печени и мозга проводили с помощью SDS-электрофореза [11]. В качестве маркеров молекулярной массы использовали набор Page Ruler™ Prestained Protein Ladder Plus (10, 15, 27, 35, 55, 70, 100, 130, 250 кДа) (Fermentas).

Обработка электрофореграмм производилась с помощью программы ONE-Dscan, Ver 1.31

(Scananalytic Inc.). С помощью нее определяли относительное содержание эпендиминов в СМЖ и их молекулярную массу.

Статистическую обработку результатов производили с помощью пакета программ Statistica 6.0. Для сравнения общего содержания белка и его отдельных фракций (эпендиминов) в жидкостях рыб разных групп использовали критерий Фишера при $p \leq 0,05$ (однофакторный дисперсионный анализ ANOVA).

Результаты исследования и их обсуждение

1. Определение концентрации общего белка в сыворотке крови и спинномозговой жидкости карасей.

Расчет содержания общего белка во внеклеточных жидкостях карасей, отловленных в летний период, показал, что в среднем в СК рыб содержится $3,8 \pm 0,25$, а в СМЖ – $2,9 \pm 0,06$ г% белка. Содержание белка в СК рыб больше, чем в СМЖ: у самок – в 1,2 раза, у самцов и неполовозрелых особей – в 1,4 раза. Значимых отличий в концентрации белка как в той, так и другой жидкости в зависимости от пола и зрелости рыб нет (рис. 1).

Среднее содержание белка в спинномозговой жидкости карасей летом составило $2,9 \pm 0,15$ г%, что близко таковому у рыб в осенний период ($2,8 \pm 0,2$ г%). Ранее отмечалось, что концентрация общего белка в СМЖ костистых рыб, в отличие от других внеклеточных жидкостей организма, относительно стабильна в течение года, что, по всей видимости, имеет важное значение для метаболизма клеток мозга [2]. Полученные значения близки к таковым у некоторых видов карповых рыб ряда. В частности, у мелко- и крупночешуйной красноперок *Tribolodon brandtii* и *T. hakonensis*, выловленных весной в море, концентрация общего белка в СК составила $3,4 \pm 0,3$ и $3,1 \pm 0,4$ г%, а в спинномозговой жидкости – $3,3 \pm 0,4$ и $3,2 \pm 0,3$ г% соответственно [2].

2. Определение концентрации общего белка в тканях мозга и печени карасей.

Концентрация общего белка в мозге карасей в среднем составила $10,4 \pm 0,9$ г%, что довольно близко, но немного ниже показателя для ряда других видов рыб [12]. Достоверные различия по данному параметру у самок, самцов и неполовозрелых особей отсутствуют ($F = 2,91$; $p = 0,106$; $n = 2$).

Содержание общего белка в печени карасей в среднем составило $12,5 \pm 0,9$ г%. При этом различия в содержании белка у рыб разных половозрастных групп достоверны: $10,3 \pm 1,2$; $14,1 \pm 1,0$ и

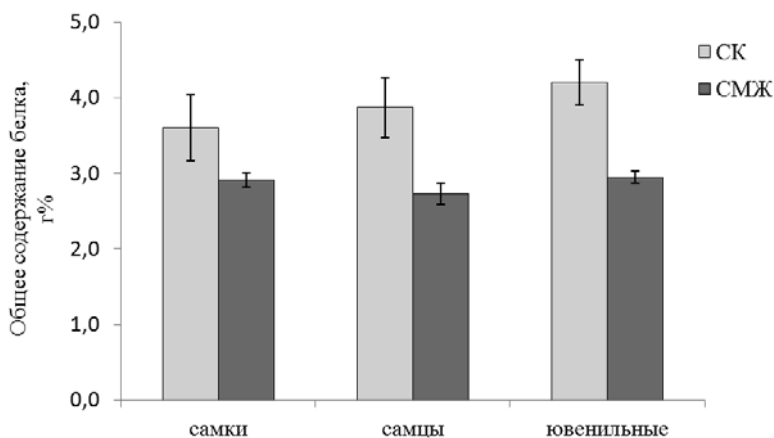


Рисунок 1 – Содержание общего белка в сыворотке крови (СК) и спинномозговой жидкости (СМЖ) карасей в летний период

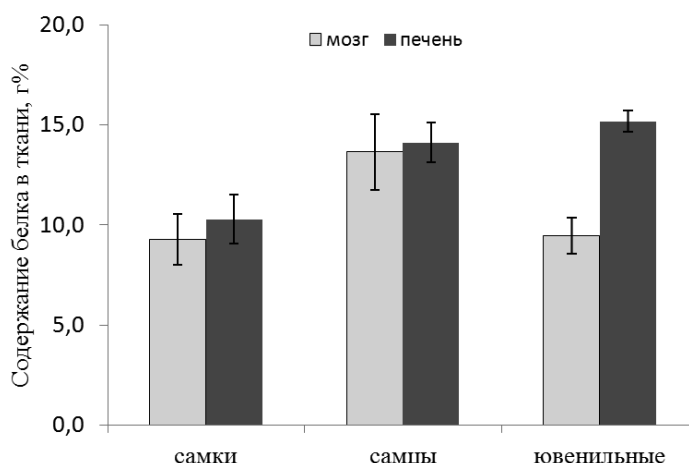


Рисунок 2 – Концентрация общего белка в мозге и печени карасей в летний период

15,2±0,5 г% у самок, самцов и ювенильных особей соответственно ($F = 5,1$; $p = 0,03$; $n = 2$) (рис. 2).

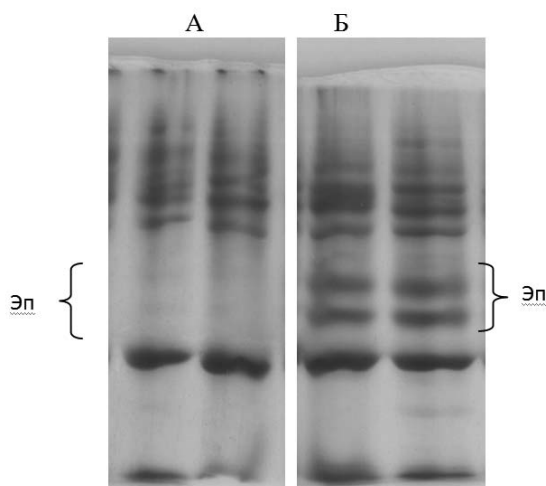
3. Электрофоретическое разделение белков. Определение концентрации эпендиминов в СМЖ карасей.

Анализ электрофореграммы белков СМЖ выявил две специфичные фракции с молекулярной массой около 25 и 38 кДа (рис. 3 Б). В то же время в СК соответствующие фракции белков содержатся в следовых количествах (рис. 3 А).

Ранее у карповых рыб эти белки в составе СМЖ были идентифицированы с помощью масс-спектрометрии MALDI. Установлено, что это – эпендимины [2]. Расчеты показали, что содержание эпендиминов в СМЖ самок, самцов и неполовозрелых особей достоверно отличается. Для фракции 38 кДа содержание эпендиминов

в этих группах составило 0,38±0,03; 0,18±0,08 и 0,36±0,08 г% соответственно ($F = 75,9$; $n = 2$; $p < 0,001$); для фракции 25 кДа – 0,42±0,08; 0,25±0,08 и 0,37±0,08 г% соответственно ($F = 90,1$; $n = 2$; $p < 0,001$) (рис. 4).

Суммарное содержание двух фракций эпендиминов в СМЖ составило, таким образом, 0,8±0,07; 0,38±0,16 и 0,73±0,16 г% у самок, самцов и ювенильных особей соответственно. Интересно, что у красноперки рода *Tribolodon* ранее наиболее низкие значения содержания эпендиминов в СМЖ наблюдались в группе неполовозрелых рыб (0,49±0,15 г%), отловленных в реке весной [2]. Ранее было показано, что содержание эпендиминов напрямую связано с сезонным репродуктивным циклом рыб [4], однако сведения о различном содержании эпендиминов у самцов и самок отсут-



Обозначения: фигурной скобкой обозначена локализация двух фракций эпендимина (Эп).

Рисунок 3 – Фрагмент электрофореграммы сыворотки крови (А) и спинномозговой жидкости (Б) карасей

вовали. Выявленный нами феномен (двукратное снижение содержания эпендимина в СМЖ самцов) требует дальнейших исследований.

На SDS-электрофореграммах экстрактов печени (рис. 5 Б) также были обнаружены фракции с молекулярными массами, близкими таковым у эпендимина (около 25 и 38 кДа); в мозге данные фракции отсутствовали (рис. 5 А).

Согласно некоторым литературным данным, количество эпендимина в сыворотке карася очень низко, что свидетельствует об отсутствии их синтеза в печени [13]. В работе W. Hoffmann (1992) подчеркивалось, что эпендимины рыб синтезируются исключительно внутренним слоем мягкой оболочки мозга, прилегающим к глие, и

секретируются в спинномозговую жидкость, где содержатся в большом количестве [13]. В более поздних работах, однако, была обнаружена экспрессия генов, кодирующих эпендимины, в самых различных органах рыб – головной почке [14], кишечнике [15], мозге [16] и других. В нашей работе, несмотря на отсутствие идентификации фракций белков, выявленных в SDS-электрофорезе с помощью MALDI, в печени выявлены слабо выраженные фракции в области значений молекулярных масс, свойственных эпендиминам, то есть нельзя сделать однозначный вывод об отсутствии их синтеза в печени. Можно предположить, что противоречивые данные о месте синтеза эпендимина в организме рыб,

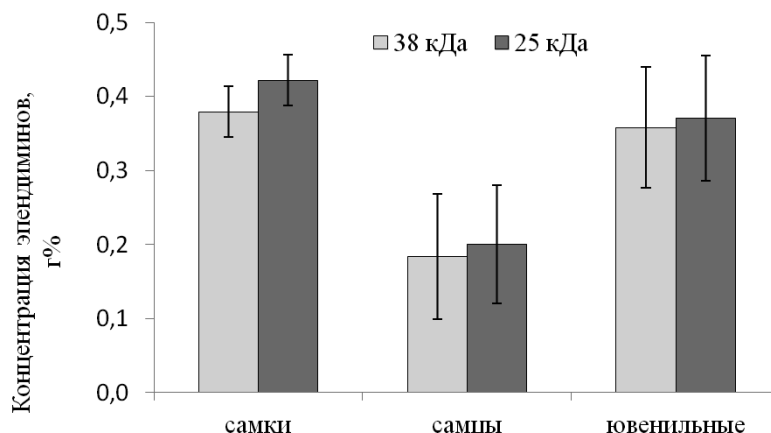


Рисунок 4 – Содержание эпендимина двух фракций (38 и 25 кДа) в спинномозговой жидкости карасей в летний период

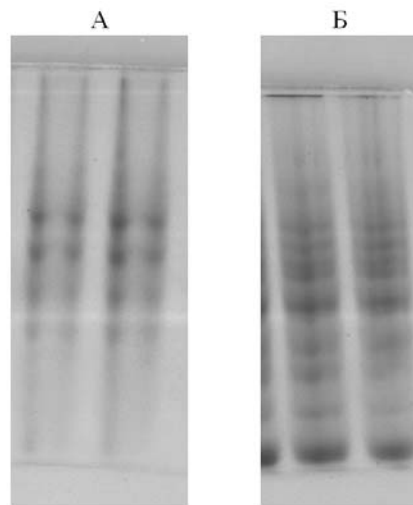


Рисунок 5 – Фрагмент SDS-электрофореграммы водорастворимых белков мозга (А) и печени (Б) серебряных карасей

приведенные разными авторами, обусловлены сезонными различиями в синтезе белков и содержанием их в тканях, поскольку хорошо известно, что все биосинтетические процессы в тканях рыб связаны с температурой окружающей среды [17].

Выводы

1. Измерена концентрация общего белка во внеклеточных жидкостях (сыворотка крови, спинномозговая жидкость) и тканях (мозг, печень) серебряного карася, отловленного в летний период. Полученные значения близки найденным в литературных источниках для других видов рыб семейства карповых.

2. Различия в содержании общего белка в сыворотке и спинномозговой жидкости, а также в ткани мозга в зависимости от пола и стадии

зрелости рыб отсутствуют. Содержание общего белка в печени самок в 1,4–1,5 раза ниже, чем у самцов и неполовозрелых рыб.

3. Установлено, что две фракции белков с молекулярными массами 25 и 38 кДа (эпендимины) присутствуют в значительном количестве (15–28%) только в спинномозговой жидкости карасей. В сыворотке крови карасей эти белки присутствуют в следовых количествах. В водорастворимой фракции белков печени присутствуют белки с молекулярными массами, близкими эпендиминам; в мозге данные фракции не обнаружены.

4. Впервые обнаружено, что содержание эпендимина в спинномозговой жидкости самцов в два раза ниже, чем у самок, находящихся в той же стадии полового цикла. Содержание Эп у ювенильных особей незначительно ниже, чем у самок, и выше, чем у самцов.

Литература

1. Andreeva, A.M. Oligomeric protein complexes of apolipoproteins stabilize the internal fluid environment of organism in redfins of the Tribolodon genus [Pisces; Cypriniformes, Cyprinidae] [Text] / A.M. Andreeva, M.V. Serebryakova, N.E. Lamash // Comparative Biochemistry and Physiology. Part D: Genomics and Proteomics. – 2017. – V. 22. – P. 90–97. – <https://doi.org/10.1016/j.cbpd.2017.02.007>.
2. Андреева, А.М. Сезонная динамика капиллярной фильтрации белков плазмы у дальневосточных красноперок рода Tribolodon (Cypriniformes, Cyprinidae) [Текст] / А.М. Андреева, Н.Е. Ламаш, М.В. Серебрякова, И.П. Рябцева // Вопросы ихтиологии. – 2015. – Т. 55. – № 5. – С. 1–12.
3. Shashua, V.E. The role of extracellular proteins in learning and memory [Text] / V.E. Shashua // American Science. – 1985. – V. 73 (4). – P. 364–371.
4. Zhang, D. Defining global neuroendocrine gene expression patterns associated with reproductive seasonality in fish [Electronic resource] / D. Zhang, H. Xiong, J.A. Mennigen, J.T. Popesku et al. // PLoS ONE. – 2009. – 4 (6). – e5816. doi: 10.1371/journal.pone.0005816.
5. Palstra, A.P. The olfactory transcriptome and progression of sexual maturation in homing chum salmon *Oncorhynchus keta* [Electronic resource] / A.P. Palstra, K. Fukaya, H. Chiba, R.P. Dirks et al. // PLoS One. – 2015. – 10(9). – e0137404. doi: 10.1371/journal.pone.0137404.

6. Sneddon, L.U. Molecular correlates of social dominance: a novel role for ependymin in aggression [Electronic resource] / L.U. Sneddon, R. Schmidt, Y. Fang, A.R. Cossins // PLoS One. – 2011. – V. 6(4). – e18181. doi: 10.1371/journal.pone.0018181.
7. Chen, Z. Transcriptomic and genomic evolution under constant cold in Antarctic notothenioid fish [Text] / Z. Chen, C.-H. Ch. Cheng, J. Zhang, L. Cao et al. // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2008. – 105 (35). – P. 12944–12949.
8. Саун, О.Ф. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб [Текст] / О.Ф. Саун, Н.А. Буцкая. – Мурманск, 1968. – 48 с.
9. Практикум по биохимии [Текст] / под ред. проф. Н.П. Мешковой и акад. С.Е. Северина. – М.: МГУ, 1979. – 509 с.
10. Мехтиев, А.А. Обнаружение в головном мозге крыс белка, обладающего антиконсолидационными свойствами [Текст] / А.А. Мехтиев // Бюллетень экспериментальной биологической медицины. – 2000. – Т. 129. – № 8. – С. 147–150.
11. Laemmli, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage [Text] / U.K. Laemmli // Nature (Gr. Brit.). – 1970. – V. 227 (4). – № 5259. – P. 680–685.
12. Sujatha, K.A. Total protein and lipid content in edible tissues of fishes from Kasimodu fish landing centre, Chennai, Tamilnadu [Text] / K.A. Sujatha, J.A. Anitha, P. Senthilkumaar // European Journal of Experimental Biology. – 2013. – V. 3 (5). – P. 252–257.
13. Hoffmann, W. Goldfish ependymins: cerebrospinal fluid proteins of meningeal origin [Text] / W. Hoffmann, A. Ermisch, R. Landgraf and H.-J. Rühle // Progress in Brain Research. – 1992. – V. 91. – P. 13–17.
14. Polinski, M.P. De novo assembly of Sockeye salmon kidney transcriptomes reveal a limited early response to piscine reovirus with or without infectious hematopoietic necrosis virus superinfection [Electronic resource] / M.P. Polinski, J.C. Bradshaw, S.M. Inkpen, J. Richard et al. // BMC Genomics. – 2016. – Nov. 2; 17 (1):848. DOI: 10.1186/s12864-016-3196-y.
15. Brown, T.D. Functional genomic analysis of the impact of camelina (*Camelina sativa*) meal on atlantic salmon (*Salmo salar*) distal intestine gene expression and physiology [Text] / T.D. Brown, T.S. Hori, X. Xue, Ye Ch. Lin et al. // Marine Biotechnology. – 2016. – V. 18 (3). – P. 418–435. – DOI: 10.1007/s10126-016-9704-x.
16. Sneddon, L.U. Molecular correlates of social dominance: a novel role for ependymin in aggression [Electronic resource] / L.U. Sneddon, R. Schmidt, Y. Fang, A.R. Cossins // PLoS One. – 2011. – Apr 5; 6 (4):e18181. DOI: 10.1371/journal.pone.0018181.
17. Кирсипуу, А. О сезонных изменениях белкового обмена у леща [Текст] / А. Кирсипуу, К. Лаугасте // Современные вопросы экологической физиологии рыб. – М.: Наука, 1979. – С. 174–179.

References

1. Andreeva, A.M. Oligomeric protein complexes of apolipoproteins stabilize the internal fluid environment of organism in redfish of the *Tribolodon* genus [Pisces; Cypriniformes, Cyprinidae] [Text] / A.M. Andreeva, M.V. Serebryakova, N.E. Lamash // Comparative Biochemistry and Physiology. Part D: Genomics and Proteomics. – 2017. – V. 22. – P. 90–97. – <https://doi.org/10.1016/j.cbpd.2017.02.007>.
2. Andreeva, A.M. Sezonnaja dinamika kapiljarnoj fil'tracii belkov plazmy u dal'nevostochnyh krasnopjorok roda *Tribolodon* (Sypriniformes, Syprinidae) [Текст] / A.M. Andreeva, N.E. Lamash, M.V. Serebrjakova, I.P. Rjabceva // Voprosy ihtiologii. – 2015. – Т. 55. – № 5. – С. 1–12.
3. Shashua, V.E. The role of extracellular proteins in learning and memory [Text] / V.E. Shashua // American Science. – 1985. – V. 73 (4). – P. 364–371.
4. Zhang, D. Defining global neuroendocrine gene expression patterns associated with reproductive seasonality in fish [Electronic resource] / D. Zhang, H. Xiong, J.A. Mennigen, J.T. Popesku et al. // PLoS ONE. – 2009. – 4 (6). – e5816. doi: 10.1371/journal.pone.0005816.
5. Palstra, A.P. The olfactory transcriptome and progression of sexual maturation in homing chum salmon *Oncorhynchus keta* [Electronic resource] / A.P. Palstra, K. Fukaya, H. Chiba, R.P. Dirks et al. // PLoS One. – 2015. – 10(9). – e0137404. doi: 10.1371/journal.pone.0137404.
6. Sneddon, L.U. Molecular correlates of social dominance: a novel role for ependymin in aggression [Electronic resource] / L.U. Sneddon, R. Schmidt, Y. Fang, A.R. Cossins // PLoS One. – 2011. – V. 6(4). – e18181. doi: 10.1371/journal.pone.0018181.
7. Chen, Z. Transcriptomic and genomic evolution under constant cold in Antarctic notothenioid fish [Text] / Z. Chen, C.-H. Ch. Cheng, J. Zhang, L. Cao et al. // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2008. – 105 (35). – P. 12944–12949.

8. Sakun, O.F. Opredelenie stadij zrelosti i izuchenie polovnyh ciklov ryb [Tekst] / O.F. Sakun, N.A. Buckaja. – Murmansk, 1968. – 48 s.
9. Praktikum po biohimii [Tekst] / pod red. prof. N.P. Meshkovej i akad. S.E. Severina. – M.: MGU, 1979. – 509 s.
10. Mehtiev, A.A. Obnaruzhenie v golovnom mozge krysa belka, obladajushhego antikonsolidacionnymi svojstvami [Tekst] / A.A. Mehtiev // Bjulleten' jeksperimental'noj biologicheskoy mediciny. – 2000. – T. 129. – № 8. – S. 147–150.
11. Laemmli, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage [Text] / U.K. Laemmli // Nature (Gr. Brit.). – 1970. – V. 227 (4). – № 5259. – P. 680–685.
12. Sujatha, K.A. Total protein and lipid content in edible tissues of fishes from Kasimodu fish landing centre, Chennai, Tamilnadu [Text] / K.A. Sujatha, J.A. Anitha, P. Senthilkumaar // European Journal of Experimental Biology. – 2013. – V. 3 (5). – P. 252–257.
13. Hoffmann, W. Goldfish ependymins: cerebrospinal fluid proteins of meningeal origin [Text] / W. Hoffmann, A. Ermisch, R. Landgraf and H.-J. Ruhle // Progress in Brain Research. – 1992. – V. 91. – P. 13–17.
14. Polinski, M.P. De novo assembly of Sockeye salmon kidney transcriptomes reveal a limited early response to piscine reovirus with or without infectious hematopoietic necrosis virus superinfection [Electronic resource] / M.P. Polinski, J.C. Bradshaw, S.M. Inkpen, J. Richard et al. // BMC Genomics. – 2016. – Nov. 2; 17 (1):848. DOI: 10.1186/s12864-016-3196-y.
15. Brown, T.D. Functional genomic analysis of the impact of camelina (*Camelina sativa*) meal on atlantic salmon (*Salmo salar*) distal intestine gene expression and physiology [Text] / T.D. Brown, T.S. Hori, X. Xue, Ye Ch. Lin et al. // Marine Biotechnology. – 2016. – V. 18 (3). – P. 418–435. – DOI: 10.1007/s10126-016-9704-x.
16. Sneddon, L.U. Molecular correlates of social dominance: a novel role for ependymin in aggression [Electronic resource] / L.U. Sneddon, R. Schmidt, Y. Fang, A.R. Cossins // PLoS One. – 2011. – Apr 5; 6 (4):e18181. DOI: 10.1371/journal.pone.0018181.
17. Kirsipuu, A. O sezonnyh izmenenijah belkovogo obmena u leshha [Tekst] / A. Kirsipuu, K. Laugaste // Sovremennye voprosy jekologicheskoy fiziologii ryb. – M.: Nauka, 1979. – S. 174–179.

ОБЪЯВЛЕНИЕ

В издательстве ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА в 2015 г. вышла монография
**«ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ
ФАКТОРОВ И УСЛОВИЙ ВОСПРОИЗВОДСТВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»**
/ Н.В. Парахин, А.И. Голубева, П.И. Дугин, Т.И. Дугина, В.Н. Галин, А.Н. Дугин,
В.И. Дорохова, Л.Н. Иванихина, М.Г. Сысоева, А.М. Суховская;
под общей редакцией академика РАН, д.с.-х.н., профессора Н.В. Парахина,
Заслуженного деятеля науки РФ, д.э.н., профессора П.И. Дугина.

В монографии системно рассматриваются важнейшие условия и факторы воспроизводства в сельском хозяйстве, проблемы собственности, интересов, институциональных процессов трансформации, денежных потоков, производительности труда и различных категорий издержек производства. Рассмотрены вопросы формирования и эффективности функционирования важнейших отраслевых кластеров сельского хозяйства и регулирование денежных потоков.

Монография будет полезна научным и практическим работникам агробизнеса, аспирантам, студентам вузов.

УДК 631.15; ББК 65.32; ISBN 978-5-98914-153-1; 516 стр.

ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:
150042, Г. ЯРОСЛАВЛЬ, ТУТАЕВСКОЕ ШОССЕ, 58, ФГБОУ ВО ЯРОСЛАВСКАЯ ГСХА

e-mail: e.bogoslavskaya@yarcx.ru