

# ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-72-79  
УДК 639.371.54:611.018.6

## ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЛЕЩЕЙ ИЗ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*А. А. Паюта*

*Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства –  
филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса»,  
пос. Михайловский, Ярославская обл., Российская Федерация*

Конаковская ГРЭС является источником теплового загрязнения в бассейне Иваньковского водохранилища. Ее подогретые воды оказывают влияние на гидробионтов, их численность и видовой состав. Для оценки состояния лещей проводили исследования по упитанности и содержанию конечных продуктов обмена веществ в их мышечной ткани. Рыб измеряли, взвешивали, определяли пол и возраст, рассчитывали коэффициенты упитанности по Фультону и Кларк. В мышечной ткани исследуемых особей устанавливали количество общей воды, сухого вещества, жира, белка, минеральных веществ и безазотистых экстрактивных веществ. Установлено, что упитанность лещей из Иваньковского водохранилища выше, чем у их сородичей из других водоемов. В среднем в мышцах рыб содержалось 80,93 % общей воды, 19,07 % сухого вещества, 1,04 % жира, 15,87 % белка, 1,11 % золы, 1,05 % безазотистых экстрактивных веществ. По содержанию жира в мышечной ткани вид относится к представителям «тощих» рыб. Особи леща из Иваньковского водохранилища превосходили сородичей из Горьковского водохранилища по количеству жира в мышцах, но уступали им по остальным исследованным показателям обмена веществ. Это может быть связано с менее благоприятными условиями обитания рыб в летний период в Иваньковском водохранилище по сравнению с Горьковским водохранилищем. В мышцах лещей разного пола содержание показателей обмена веществ оказалось близким, но у самок интенсивнее накапливались белки и минеральные вещества. В мышечной ткани младших групп лещей выявлено большее содержание макроэлементов, чем у старших особей, вероятно, из-за особенностей обитания рыб в подогретых водах.

**Ключевые слова:** Иваньковское водохранилище, лещ *Abramis brama* L., обмен веществ, мышечная ткань, пол, возраст, тепловое загрязнение.

**Для цитирования:** Паюта А. А. Особенности обмена веществ в мышечной ткани лещей из Иваньковского водохранилища // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 2. С. 72–79. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-72-79.

### **Введение**

Иваньковское водохранилище является старейшим из водохранилищ Верхней Волги, оно было создано в 1937 г. По уровню продуктивности Иваньковское водохранилище относится к мезотрофно-эвтрофным водоемам, его отличительная особенность – высокие величины, характеризующие развитие планктона и бентоса, превышающие аналогичные показатели других водохранилищ Волги [1–3].

В бассейне Иваньковского водохранилища известен источник теплового загрязнения – Конаковская ГРЭС, – перекачивающий для охлаждения своих агрегатов до трех объемов всего водоема в год. В зонах подогрева наблюдаются нарушения гидрологического и гидрохимического режима, что приводит к резким изменениям кормовой базы рыб. Кроме того, отмечается тепловое влияние на видовой состав рыб и их физиологию [1, 4].

Иваньковское водохранилище имеет комплексное назначение: его используют с учетом интересов энергетики, судоходства, рекреации и рыбного хозяйства [5]. Водоем служит одним из основных источников питьевого водоснабжения Москвы, поэтому к качеству воды в нем предъявляются особые требования [6]. Однако на водосборной площади водохранилища расположены крупные города, сельскохозяйственные и промышленные предприятия, Конаковская ГРЭС, полигоны и свалки промышленных и бытовых отходов, которые оказывают серьезное антропогенное воздействие на водоем и гидробионтов, обитающих в нем [1, 4, 6–8].

В качестве способа оценки физиологического состояния рыб может служить определение содержания конечных продуктов обмена веществ в их мышечной ткани, т. к. она составляет основу массы тела [9]. В норме в организме преобладают процессы синтеза, но при неблагоприятных условиях они могут затормаживаться, и тогда наблюдается разрушение органических веществ в клетках и тканях [10, 11]. Изучение показателей метаболизма в мышечной ткани лещей *Abramis brama* L. в Иваньковском водохранилище имеет научную и практическую значимость, т. к. в водоеме данный вид преобладает по численности и хозяйственному значению. Кроме того, на лещах отражается влияние теплового и антропогенного воздействия [1, 11, 12]. Поэтому целью данной работы является изучение показателей обмена веществ в мышечной ткани лещей Иваньковского водохранилища.

#### Материал и методика исследования

Материалом для исследований служили особи лещей, отловленные на стандартных станциях траления Иваньковского водохранилища в нагульный период (август) тралом с экспедиционного судна «Академик Топчиев». Отбор проб проводили от 43 особей леща (12 самцов и 31 самка) от 5+ до 12+ лет. После поимки рыба доставлялась в лабораторию судна в контейнерах с речной водой, где проходила акклимацию. В лаборатории у рыб определяли длину и массу тела, массу порки, зрелость гонад по общепринятой методике [13].

У рыб отсекали мышечную ткань вдоль позвоночника, взвешивали ее и замораживали до проведения химических анализов. В мышцах определяли количество общей воды, сухого вещества, жира, белка, минеральных веществ (зола), безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ). Содержание общей воды и сухого вещества устанавливали с помощью двухступенчатого метода определения влаги. Количество жира получали экстрагированием навески с помощью петролейного эфира в аппарате Сокслета; белка – методом Кьельдаля, процентное содержание азота умножали на эмпирический коэффициент преобразования белка 6,25. Количество минеральных веществ устанавливали гравиметрическим методом, сжигая пробы при температуре 550 °С. Содержание БЭВ определяли расчетным путем, вычитая из 100 % сумму процентов общей воды, жира, белка и минеральных веществ [14].

Возраст рыб определяли сотрудники лаборатории экологии рыб Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук по зонам роста на чешуе<sup>1</sup>. Коэффициенты упитанности рассчитывались по стандартным методикам [14]. Данные статистической обработки были получены с помощью программы Excel 2007 и представлены в таблицах в виде средних значений и их ошибок ( $M \pm m$ ).

#### Результаты и их обсуждение

В результате исследований было выявлено, что коэффициент упитанности по Фультону у лещей из Иваньковского водохранилища варьировал от 1,92 до 4,36, при среднем значении 2,20; по Кларк – от 1,74 до 3,98, при среднем значении 1,95 (табл. 1).

<sup>1</sup> Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам лаборатории экологии рыб Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук за помощь в определении возраста рыб. Отдельно хочется поблагодарить д.б.н., профессора Ю. В. Герасимова, к.б.н. Д. П. Карабанова, к.б.н. М. И. Базарова, Д. Д. Павлова, М. И. Малина за помощь в сборе и обработке материала.

Таблица 1

**Размеры тела, масса и упитанность исследованных особей леща  
из Иваньковского водохранилища**

Половозрастная группа	n, экз.	Длина, см	Масса, г		Коэффициент упитанности	
			рыбы	пorkи	по Фульгону	по Кларк
Самцы половозрелые	12	28,4 ± 1,3	536 ± 63	487 ± 57	2,30 ± 0,20	2,10 ± 0,18
Самки половозрелые	31	30,5 ± 1,0	672 ± 64	582 ± 51	2,15 ± 0,04	1,89 ± 0,02

Данные показатели превышали значения упитанности лещей из других водоемов [9, 15–17].

Известно, что на упитанность рыб оказывает влияние множество факторов: условия обитания, кормовая база, сезон, стадия зрелости гонад и пр. [17–21].

В мышечной ткани лещей из Иваньковского водохранилища средние значения содержания общей воды достигали 80,93 ± 0,21 %, сухого вещества – 19,07 ± 0,21 %, жира – 1,04 ± 0,07 %, белка – 15,87 ± 0,23 %, золы – 1,11 ± 0,04 %, БЭВ – 1,05 ± 0,12 %. Содержание жира в мускулатуре лещей приближает вид к представителям «тощих» рыб, у которых жировые запасы не являются главным источником энергии, а вместо них данную функцию выполняют белки, содержащиеся в скелетных мышцах в наибольшем количестве [22, 23].

Несмотря на то, что Иваньковское водохранилище отличается повышенной продуктивностью донных сообществ [1, 24], лещи из водоема уступали сородичам из Горьковского водохранилища по содержанию белка, золы и БЭВ в мышцах, но превосходили их по количеству жира [9]. Это может быть связано с повышенной температурой воды в Иваньковском водохранилище в летний период, которая совместно с иными абиотическими факторами (токсикантами, тяжелыми металлами и т. п.) могла оказывать негативное влияние на состояние особей [4, 25]. Известно, что в исследуемый период на значительной части акватории Иваньковского водохранилища в придонном слое наблюдался дефицит кислорода, сокращающий видовое богатство и численность донных животных – потенциальной кормовой базы лещей [26], что также могло оказывать отрицательное воздействие на рыб.

Значение показателей обмена веществ в мышцах лещей разного пола оказалось близким и отличалось лишь на десятые доли (табл. 2), что подтверждается рядом научных данных [17, 18, 27, 28].

Таблица 2

**Химический состав мышечной ткани групп лещей, отличающихся по полу,  
из Иваньковского водохранилища**

Показатель	Самцы половозрелые	Самки половозрелые
Общее количество воды, %	81,20 ± 0,39	80,83 ± 0,25
Сухое вещество, %	18,80 ± 0,39	19,17 ± 0,25
Жир, %	1,14 ± 0,15	1,00 ± 0,08
Белок, %	15,28 ± 0,52	16,10 ± 0,24
Минеральные вещества, %	1,05 ± 0,06	1,13 ± 0,05
БЭВ, %	1,33 ± 0,35	0,94 ± 0,11

Установлено, что у самцов лещей в мышечной ткани меньше сухого вещества, в том числе белка и минеральных веществ, но больше жира и углеводов, чем в мышцах самок. Наши данные соответствуют результатам исследований ряда авторов [17, 28–30].

Содержание общей воды в мышцах лещей Иваньковского водохранилища возрастало с минимума в возрасте 5+ до максимума в возрасте 7+, после чего наблюдалось чередование уменьшения и увеличения показателя (табл. 3).

Химический состав мышечной ткани групп лещей, отличающихся по возрасту, из Иваньковского водохранилища

Возраст	Общая вода, %	Сухое вещество, %	Жир, %	Белок, %	Зола, %	БЭВ, %
5+	79,03 ± 0,22	20,97 ± 0,22	1,35 ± 0,23	18,03 ± 0,05	1,50 ± 0,16	0,09 ± 0,01
6+	80,87 ± 0,79	19,13 ± 0,79	1,32 ± 0,24	15,39 ± 0,90	1,31 ± 0,15	1,11 ± 0,52
7+	81,73 ± 0,41	18,27 ± 0,41	1,16 ± 0,05	15,11 ± 0,31	1,07 ± 0,06	0,93 ± 0,21
8+	80,89 ± 0,27	19,11 ± 0,27	1,01 ± 0,10	16,26 ± 0,52	1,00 ± 0,05	0,83 ± 0,32
9+	81,20 ± 0,55	18,80 ± 0,55	0,79 ± 0,06	15,30 ± 0,77	0,94 ± 0,04	1,77 ± 0,45
10+	80,84 ± 0,25	19,16 ± 0,25	1,08 ± 0,27	15,94 ± 0,14	1,02 ± 0,04	1,13 ± 0,19
11+	81,14 ± 1,25	18,86 ± 1,25	0,74 ± 0,33	15,78 ± 0,98	1,04 ± 0,20	1,30 ± 0,26
12+	81,23 ± 0,39	18,77 ± 0,39	0,92 ± 0,32	16,11 ± 0,28	1,10 ± 0,03	0,65 ± 0,25

Соответственно, количество сухого вещества в мышечной ткани исследованных особей сокращалось до 7 лет, затем чередовалось с тенденцией к уменьшению (табл. 3).

Содержание жира в мышечной ткани лещей снижалось с 5 до 9 лет, после изменялось неравномерно до возраста 12+. Количество белка уменьшалось до 7 лет, с возраста 8+ происходило чередование увеличения и сокращения протеина в мышцах лещей. Содержание золы в мускулатуре лещей из Иваньковского водохранилища изменялось по параболе: снижалось с максимального значения в возрасте 5+ до минимума в возрасте 9+, затем увеличивалось до 12 лет. При оценке содержания БЭВ в период с 5 до 12 лет в скелетных мышцах лещей наблюдалось чередование положительных и отрицательных сдвигов в интервале 1,77–0,09 %.

Следует отметить схожую динамику общей воды в мышечной ткани особей из Угличского и Иваньковского водохранилищ в период с 5 до 9 лет [12]. В скелетных мышцах младших групп лещей Иваньковского водохранилища наблюдалось наибольшее количество макронутриентов, что может быть связано с особенностями обитания особей в подогретых водах – увеличенным периодом нагула, а также лучшим развитием кормовой базы молоди по сравнению со старшими особями [1, 4, 31].

### Заключение

Таким образом, в результате нашего исследования и сравнительного изучения научной литературы выявлено, что по упитанности лещи Иваньковского водохранилища превосходили своих сородичей из других водоемов. Исследуемые нами особи уступали лещам из Горьковского водохранилища по количеству белка, золы и БЭВ в мышцах из-за условий обитания рыб в рассматриваемый период. Показатели обмена веществ в мышечной ткани лещей разного пола оказались близки, тем не менее самки незначительно превосходили самцов по содержанию сухого вещества, в том числе белка и золы. Количественные изменения показателей обмена веществ у лещей выражены в большей степени в зависимости от возраста особей. Выявлено, что в скелетных мышцах младших групп лещей содержание сухого вещества, жира, белка и минеральных веществ оказалось выше, чем у старших особей. Это может быть связано с более благоприятными условиями обитания молоди в подогретых водах, влияющими как на самих лещей, так и на их кормовую базу.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сапог Г. Б. Биология, запасы леща Иваньковского водохранилища и влияние на них сбросных вод Конаковской ГРЭС: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1976. 25 с.
2. Буторин Н. В. Иваньковское водохранилище и его жизнь. Л.: Наука, 1978. 304 с.
3. Житенева Т. С. Особенности экологии леща *Abramis brama* L. на этапах и переходных периодах развития в связи с проблемой его роста в Иваньковском водохранилище // Биология внутренних вод. 1998. № 1. С. 55–61.
4. Голованов В. К., Смирнов А. К., Болдаков А. М. Воздействие термального загрязнения водохранилищ Верхней Волги на рыбное население: современное состояние и перспективы // Актуальные проблемы рационального использования биологических ресурсов водохранилищ. Рыбинск: Рыбин. Дом печати, 2005. С. 59–81.
5. Ланцова И. В. Влияние рекреационного использования на качество воды Иваньковского водохранилища // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 1. С. 42–50.

6. Липатникова О. А., Гричук Д. В. Термодинамическое моделирование форм нахождения тяжелых металлов в донных отложениях на примере Ивановского водохранилища // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4: Геология. 2011. № 2. С. 51–59.
7. Кирпичникова Н. В. Исследование неконтролируемых источников загрязнения водных объектов (на примере Ивановского водохранилища): автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1992. 23 с.
8. Шенелева Е. С. Эколого-геохимические исследования поведения тяжелых металлов в водных и наземных экосистемах Ивановского водохранилища: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2004. 32 с.
9. Паюта А. А., Флёрова Е. А. Особенности химического состава скелетных мышц, печени и гонад у лещей *Abramis brama* L. разного возраста // Проблемы биологии продуктивных животных. 2017. № 2. С. 38–50.
10. Мальяревская А. Я. Обмен веществ у рыб в условиях антропогенного евтрофирования водоемов: моногр. К.: Наукова думка, 1979. 256 с.
11. Паюта А. А. Анализ показателей обмена веществ карповых рыб как одного из способов оценки загрязнений водных экосистем // Сетевой журнал ОрелГАУ. 2016. № 2 (7). С. 22–28.
12. Паюта А. А., Флёрова Е. А. Особенности химического состава скелетных мышц лещей Угличского водохранилища // Биотехнология: взгляд в будущее: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2018. С. 234–237.
13. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
14. Флёрова Е. А. Физиолого-биохимические методы исследования рыб. Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2014. 40 с.
15. Кожабеева Э. Б. К вопросу о состоянии естественного воспроизводства рыб на нижнем участке р. Сырдарья // Разнообразие, проблемы экологии горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее: материалы Междунар. конф. Горно-Алтайск: РИО Гор.-Алт. гос. ун-та, 2008. С. 115–117.
16. Маренков О. Н., Федоненко Е. В., Габитов М. М., Абдуллаева Н. М. Развитие гонад леща (*Abramis brama* Linnaeus, 1758) в условиях Запорожского водохранилища // Изв. вузов Поволж. региона. Естеств. науки. 2013. № 4 (4). С. 25–35.
17. Паюта А. А., Флёрова Е. А. Особенности накопления продуктов обмена веществ в мышечной ткани различных половозрастных групп леща *Abramis brama* L. Рыбинского водохранилища // Вестн. АПК Верхневолжья. 2017. № 1. С. 23–28.
18. Костылева А. А., Флёрова Е. А. Особенности химического состава мышечной ткани леща *Abramis brama* Горьковского водохранилища // Вопр. рыболовства. 2015. Т. 16. № 4. С. 412–418.
19. Jin S., Yan X., Zhang H., Fan W. Weight-length relationships and Fulton's condition factors of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western and central Pacific Ocean // PeerJ. 2015. V. 3, e758. DOI: 10.7717/peerj.758.
20. Mello L. G. S., Rose G. A. Seasonal cycles in weight and condition in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in relation to fisheries // ICES Journal of Marine Science. 2005. V. 62. N. 5. P. 1006–1015.
21. Мирошниченко Д. А. Сравнительная характеристика показателей обмена веществ представителей *Clarias batrachus*, обитающих в естественных и искусственных условиях // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1 (9). С. 110–114.
22. Сидоров В. С. Сравнительная биохимия рыб и их гельминтов. Липиды, ферменты, белки. Петро-заводск: Карел. филиал АН СССР, 1977. 160 с.
23. Farhudi A., Abedian Kenari A. M., Nazari R. M., Makhdoomi C. H. Study of body composition, lipid and fatty acid profile during larval development in Caspian Sea carp (*Cyprinus carpio*) // Journal of Fisheries and Aquatic Science. 2011. V. 6. N. 4. P. 417–428.
24. Zhiteneva T. S. Peculiarities of ontogenetic ecology of bream *Abramis brama* L. at stages and transitions of its development and in connection with its growth in the Ivan'kovskiy Reservoir // Inland Water Biology. 1998. V. 1. N. 1. P. 99–108.
25. Габитов М. М., Абдуллаева Н. М., Ортабаева Л. М., Исмаилов И. А., Асадулаева П. А. Влияние загрязнения водной среды ионами Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> и сырой нефтью на накопление генетически индуцированных повреждений в эритроцитах рыб // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2011. Т. 13. № 1 (5). С. 1068–1070.
26. Лазарева В. И., Степанова И. Э., Цветков А. И., Пряничникова Е. Г., Перова С. Н. Кислородный режим водохранилищ Волги и Камы в период потепления климата: последствия для зоопланктона и зообентоса // Тр. Ин-та биологии внутр. вод РАН. 2018. Вып. 81 (84). С. 47–84.
27. Medford B. A., Mackay W. C. Protein and lipid content of gonads, liver, and muscle of northern pike (*Esox lucius*) in relation to gonad growth // J. Fish Res. Board Can. 1978. V. 35. N. 2. P. 213–219.
28. Nargis A. Seasonal variation in the chemical composition of Body flesh of Koi Fish *Anabas testudineus* (Bloch) (Anabantidae: Perciformes) // Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research. 2006. V. 41. N. 3. P. 219–226.
29. Шатуновский М. И., Богоявленская М. П., Вельтищева И. Ф., Масленникова Н. В. Исследования генеративного обмена балтийской трески // Тр. ВНИРО. 1975. Т. 96. С. 57–62.

30. Alemu L. A., Melese A. Y., Gulelat D. H. Effect of endogenous factors on proximate composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fillet from lake zeway // American Journal of Research Communication. 2013. V. 1. N. 11. P. 405–410.

31. Golovanov V. K. Ecophysiological patterns of distribution and behavior of freshwater fish in thermal gradients // Journal of Ichthyology. 2013. V. 53. N. 4. P. 286–314.

Статья поступила в редакцию 21.01.2019

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Паюта Александра Александровна** – Россия, 150517, Ярославская обл., п. Михайловский; Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса»; научный сотрудник отдела технологий животноводства; a.payuta@mail.ru.



## CHARACTERISTICS OF METABOLISM IN MUSCLE TISSUE OF BREAM FROM IVANKOVSKOE RESERVOIR

*A. A. Payuta*

*Yaroslavl Scientific Research Institute of Livestock Breeding and Forage Production – Federal State Budget Scientific Institution “Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology”, Mikhailovskiy, Yaroslavl region, Russian Federation*

**Abstract.** The hydroelectric station in Konakovo is a source of thermal pollution of Ivankovskoye Reservoir. Its heated waters affect abundance and species composition of hydrobionts. To assess the state of bream there were conducted the studies of the fatness and composition of the end products of metabolism in their muscle tissue. The fish were measured and weighed, their sex and age were determined, and the Fulton and Clark condition factors were calculated. The amount of total water, dry matter, fat, protein, ash and nitrogen-free extractives (NFE) was determined in the muscle tissue of the fish under study. The Fulton and Clark condition factors of bream species from Ivankovskoye Reservoir are higher than those from other reservoirs. On average, fish muscles contained 80.93% of total water, 19.07% of dry matter, 1.04% fat, 15.87% protein, 1.11% ash, 1.05% NFE. According to the fat content in the muscle tissue, the species belongs to the representatives of “lean” fish. Bream species from Ivankovskoye Reservoir are superior to those from Gorky Reservoir in muscle fat, but inferior in the other metabolic characteristics studied. This may be related to less favorable conditions for fish in Ivankovskoye Reservoir in summer compared to Gorky Reservoir. The metabolic indices differed slightly in the muscles of breams of both sexes. Proteins and ash accumulated more intensively in the female muscles. In the muscle tissue of the younger bream groups there was found a higher content of macronutrients than in older bream groups. This can be explained by the habits of fish in the warmed waters.

**Key words:** Ivankovskoye Reservoir, bream *Abramis brama* L., metabolism, muscle tissue, sex, age, thermal pollution.

**For citation:** Payuta A. A. Characteristics of metabolism in muscle tissue of bream from Ivankov Reservoir. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2019;2:72-79. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-72-79.

### REFERENCES

1. Sappo G. B. *Biologiya, zapasy leshcha Ivan'kovskogo vodokhranilishcha i vlianie na nikh sbrosnykh vod Konakovskoi GRES. Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk* [Biology, stocks of bream of Ivankovskoye Reservoir and impact of the waste waters of Konakovskaya hydroelectric station on them. Abstr. diss. ... cand. biol. Sci.]. Leningrad, 1976. 25 p.

2. Butorin N. V. *Ivan'kovskoe vodokhranilishche i ego zhizn'* [Ivan'kovskoye Reservoir and its life]. Leningrad, Nauka Publ., 1978. 304 p.
3. Zhiteneva T. S. Osobennosti ekologii leshcha Abramis brama L. na etapakh i perekhodnykh periodakh razvitiia v svyazi s problemoi ego rosta v Ivan'kovskom vodokhranilishche [Ecological features of bream Abramis brama L. at the stages and transitional periods of development in connection with the problem of its growth in Ivan'kovo Reservoir]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 1998, no. 1, pp. 55-61.
4. Golovanov V. K., Smirnov A. K., Boldakov A. M. Vozdeistvie termal'nogo zagriazneniia vodokhranilishch Verkhnei Volgi na rybnoe naselenie: sovremennoe sostoianie i perspektivy [Impact of thermal pollution of the Upper Volga reservoirs on fish population: current state and the future]. *Aktual'nye problemy ratsional'nogo ispol'zovaniia biologicheskikh resursov vodokhranilishch*. Rybinsk, Rybinskii Dom pechati, 2005. Pp. 59-81.
5. Lantsova I. V. Vliianie rekreatsionnogo ispol'zovaniia na kachestvo vody Ivan'kovskogo vodokhranilishcha [Influence of recreational use on water quality of Ivan'kovskoye Reservoir]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznediatei'nosti*, 2009, no. 1, pp. 42-50.
6. Lipatnikova O. A., Grichuk D. V. Termodinamicheskoe modelirovanie form nakhozhdenniia tiazhelykh metallov v donnykh otlozheniakh na primere Ivan'kovskogo vodokhranilishcha [Thermodynamic modeling of forms of finding heavy metals in bottom sediments on the example of Ivan'kovskoye Reservoir]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4: Geologiya*, 2011, no. 2, pp. 51-59.
7. Kirpichnikova N. V. *Issledovanie nekontroliruemyykh istochnikov zagriazneniia vodnykh ob'ektov (na primere Ivan'kovskogo vodokhranilishcha)*. Avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk [Studying uncontrolled sources of pollution of water bodies (on the example of Ivan'kovskoye Reservoir). Abstr. diss. ... cand. tech. sci.]. Moscow, 1992. 23 p.
8. Shepeleva E. S. *Ekologo-geokhimicheskie issledovaniia povedeniia tiazhelykh metallov v vodnykh i nazemnykh ekosistemakh Ivan'kovskogo vodokhranilishcha*. Avtoreferat dis. ... kand. geol.-mineral. nauk [Ecological and geochemical studies of the behavior of heavy metals in water and terrestrial ecosystems of Ivan'kovskoye Reservoir. Abstr. Diss. ... Cand. Geo. Sci.]. Moscow, 2004. 32 p.
9. Paiuta A. A., Flerova E. A. Osobennosti khimicheskogo sostava skeletnykh myshts, pecheni i gonad u leshchei Abramis brama L. raznogo vozrasta [Features of chemical composition of skeletal muscles, liver and gonad in bream Abramis brama L. at different age]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh*, 2017, no. 2, pp. 38-50.
10. Maliarevskaya A. Ia. *Obmen veshchestv u ryb v usloviyakh antropogennogo evtrofirovaniia vodoemov: monografiia* [Metabolism in fish under anthropogenic eutrophication of water bodies: monograph]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1979. 256 p.
11. Paiuta A. A. Analiz pokazatelei obmena veshchestv karpovykh ryb kak odnogo iz sposobov otsenki zagriaznenii vodnykh ekosistem [Analysis of metabolism of carp fish as one of the ways to assess pollution of aquatic ecosystems]. *Setevoi zhurnal OrelGAU*, 2016, no. 2 (7), pp. 22-28.
12. Paiuta A. A., Flerova E. A. Osobennosti khimicheskogo sostava skeletnykh myshts leshchei Uglichskogo vodokhranilishcha [Features of chemical composition of bream skeletal muscle in Uglich Reservoir]. *Biotekhnologiya: vzgliad v budushchee: materialy IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Stavropol', Izd-vo StGMU, 2018. Pp. 234-237.
13. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniiu ryb* [Fish Study Guide]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1966. 376 p.
14. Flerova E. A. *Fiziologo-biokhimicheskie metody issledovaniia ryb* [Physiological and biochemical methods for studying fish]. Iaroslavl', Izd-vo FGBOU VPO «Iaroslavskaya GSKhA», 2014. 40 p.
15. Kozhabaeva E. B. K voprosu o sostoianii estestvennogo vosproizvodstva ryb na nizhnem uchastke r. Syrdar'i [Physiological and biochemical methods for studying fish]. *Raznoobrazie, problemy ekologii gornogo Altaia i sopredel'nykh regionov: nastoiashchee, proshloe, budushchee: materialy Mezhdunarodnoi konferentsii*. Gorno-Altaysk, RIO Gorno-Altayskogo gosudarstvennogo un-ta, 2008. Pp. 115-117.
16. Marenkov O. N., Fedonenko E. V., Gabibov M. M., Abdullaeva N. M. Razvitie gonad leshcha (Abramis brama Linnaeus, 1758) v usloviyakh Zaporozhskogo vodokhranilishcha [Development of bream gonad (Abramis brama Linnaeus, 1758) in conditions of Zaporozhye Reservoir]. *Izvestiia vuzov Povolzhskogo regiona. Estestvennye nauki*, 2013, no. 4 (4), pp. 25-35.
17. Paiuta A. A., Flerova E. A. Osobennosti nakopleniia produktov obmena veshchestv v myshechnoi tkani razlichnykh polovozrastnykh grupp leshcha Abramis brama L. Rybinskogo vodokhranilishcha [Features of accumulation of metabolic products in muscle tissue of bream Abramis brama L. in different age and gender groups of Rybinsk Reservoir]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ia*, 2017, no. 1, pp. 23-28.
18. Kostyleva A. A., Flerova E. A. Osobennosti khimicheskogo sostava myshechnoi tkani leshcha Abramis brama Gor'kovskogo vodokhranilishcha [Characteristics of chemical composition of muscle tissue of bream Abramis brama in Gorky Reservoir]. *Voprosy rybolovstva*, 2015, vol. 16, no. 4, pp. 412-418.
19. Jin S., Yan X., Zhang H., Fan W. Weight-length relationships and Fulton's condition factors of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western and central Pacific Ocean. *PeerJ*, 2015, vol. 3, e758. DOI: 10.7717/peerj.758.

20. Mello L. G. S., Rose G. A. Seasonal cycles in weight and condition in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in relation to fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 2005, vol. 62, no. 5, pp. 1006-1015.
21. Miroshnichenko D. A. Sravnitel'naia kharakteristika pokazatelei obmena veshchestv predstavitelei *Clarias batrachus*, obitaiushchikh v estestvennykh i iskusstvennykh usloviakh [Comparative characteristics of metabolic parameters in representatives of *Clarias batrachus* living in natural and artificial conditions]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*, 2016, no. 1 (9), pp. 110-114.
22. Sidorov V. S. *Sravnitel'naia biokhimiia ryb i ikh gel'mintov. Lipidy, fermenty, belki* [Comparative biochemistry of fish and their helminths. Lipids, enzymes, proteins]. Petrozavodsk, Karel'skii filial AN SSSR, 1977. 160 p.
23. Farhoudi A., Abedian Kenari A. M., Nazari R. M., Makhdoomi C. H. Study of body composition, lipid and fatty acid profile during larval development in Caspian Sea carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 2011, vol. 6, no. 4, pp. 417-428.
24. Zhiteneva T. S. Peculiarities of ontogenetic ecology of bream *Abramis brama* L. at stages and transitions of its development and in connection with its growth in the Ivan'kovskiy Reservoir. *Inland Water Biology*, 1998, vol. 1, no. 1, pp. 99-108.
25. Gabibov M. M., Abdullaeva N. M., Ortabaeva L. M., Ismailov I. A., Asadulaeva P. A. Vliianie zagriazneniia vodnoi sredy ionami Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> i syroi neft'iu na nakoplenie geneticheskii indutsirovannykh povrezhdenii v eritrotsitakh ryb [Effect of pollution of aquatic environment with Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> ions and crude oil on accumulation of genetically induced damage in fish erythrocytes]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2011, vol. 13, no. 1 (5), pp. 1068-1070.
26. Lazareva V. I., Stepanova I. E., Tsvetkov A. I., Prianichnikova E. G., Perova S. N. Kislorodnyi rezhim vodokhranilishch Volgi i Kamy v period potepleniia klimata: posledstviia dlia zooplanktona i zoobentosa [Oxygen regime of Volga and Kama Reservoirs in the period of climate warming: consequences for zooplankton and zoobenthos]. *Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod RAN*, 2018, iss. 81 (84), pp. 47-84.
27. Medford B. A., Mackay W. C. Protein and lipid content of gonads, liver, and muscle of northern pike (*Esox lucius*) in relation to gonad growth. *J. Fish Res. Board Can.*, 1978, vol. 35, no. 2, pp. 213-219.
28. Nargis A. Seasonal variation in the chemical composition of Body flesh of Koi Fish *Anabas testudineus* (Bloch) (Anabantidae: Perciformes). *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 2006, vol. 41, no. 3, pp. 219-226.
29. Shatunovskii M. I., Bogoiavlenskaia M. P., Vel'tishcheva I. F., Maslennikova N. V. Issledovaniia generativnogo obmena baltiiskoi treski [Studies of generative exchange of Baltic cod]. *Trudy VNIRO*, 1975, vol. 96, pp. 57-62.
30. Alemu L. A., Melese A. Y., Gulelat D. H. Effect of endogenous factors on proximate composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fillet from lake zeway. *American Journal of Research Communication*, 2013, vol. 1, no. 11, pp. 405-410.
31. Golovanov V. K. Ecophysiological patterns of distribution and behavior of freshwater fish in thermal gradients. *Journal of ichthyology*, 2013, vol. 53, no. 4, pp. 286-314.

The article submitted to the editors 21.01.2019

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Payuta Aleksandra Aleksandrovna** — Russia, 150517, Yaroslavl Region, Mikhailovsky Village; Yaroslavl Scientific Research Institute of Livestock Breeding and Forage Production – Federal State Budget Scientific Institution “Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology”; Researcher of the Department of Animal Production Technology; a.payuta@mail.ru.

