

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА СТРУКТУРУ РАСХОДА ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ У РЫБ

*В. И. Егорова¹, Е. В. Свешникова², В. В. Наумова²,
Д. А. Кирьянов², А. Н. Смирнова²*

¹ *Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

² *Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина,
Ульяновск, Российская Федерация*

Проведено исследование влияния температуры воды в водоеме на структуру расхода обменной энергии у карпа и толстолобика разных возрастных групп. Материалом для исследования послужило поголовье представителей теплолюбивых видов рыб – карпа и пестрого толстолобика, – которые были выращены в поликультуре с естественной кормовой базой в условиях прудового хозяйства «ИП Алексеева М. В.» Кузватовского района Ульяновской области. Расчет обменной энергии у рыб осуществлялся с использованием средних показателей живой массы сеголеток и двухлеток карпа и толстолобика. В результате получены данные обменной энергии у сеголеток и двухлеток карпа и толстолобика при разных диапазонах температуры воды. Обмен веществ у карпа и толстолобика, как представителей теплолюбивых видов рыб, наиболее эффективен при температуре от +18 до +30 °С. В ходе исследования установлено, что снижение температуры воды на 5 °С (с 20 до 15 °С) становится причиной уменьшения пищевой активности: суточное потребление корма у сеголеток и двухлеток карпа и толстолобика снизилось на 35–40 %. Затраты на основной обмен и прирост практически не изменились. Обменной энергии было использовано на 10,8–13,3 меньше. Также у сеголеток и двухлеток карпа и толстолобика меньше, чем при более теплой температуре воды, затрачивается энергии на двигательную активность. Таким образом, при снижении температуры воды в пруду расходы на поддержание теплового гомеостаза у рыб увеличивались, а расходы на основной обмен, наоборот, уменьшались.

Ключевые слова: карп, толстолобик, расход энергии, энергетический обмен, температура воды, пищевая активность, основной обмен, двигательная активность.

Для цитирования: *Егорова В. И., Свешникова Е. В., Наумова В. В., Кирьянов Д. А., Смирнова А. Н.* Влияние температуры воды на структуру расхода обменной энергии у рыб // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 110–115. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-4-110-115.

Введение

Совместное выращивание карпа с растительноядными видами рыб в настоящее время практикуется как ведущий способ повышения рыбопродуктивности. Применение поликультуры растительноядных рыб способствует воспроизводству кормов для других видов рыбы, в том числе и для карпа. Создаваемая в данных условиях экологическая среда оказывает непосредственное влияние на биоэнергетическое состояние водоемов [1–3].

Как и другие организмы, обитающие в воде, рыбы находятся в постоянном взаимодействии с абиотическими факторами среды. Параметры воды как внешней среды непосредственно влияют на все обменные процессы, происходящие в организме рыбы. Пойкилотермные организмы, рыбы особенно чувствительны к изменению температуры окружающей их воды [3, 4].

Обменные реакции обеспечивают использование пищевых компонентов для нужд организма и удовлетворения его потребностей в пластических и энергетических веществах. Белки, жиры, углеводы в желудочно-кишечном тракте расщепляются до более простых веществ и поступают в кровь и ткани, где происходит дальнейшее превращение – аэробное окисление. В процессе этих

превращений происходит использование продуктов окисления для синтеза аминокислот и других важных метаболитов. Обмен веществ состоит из двух противоположных, одновременно протекающих процессов: ассимиляции, объединяющей все реакции, связанные с синтезом веществ, их использованием для роста, развития и жизнедеятельности организма, и диссимиляции, включающей реакции распада веществ, сопровождающиеся их окислением и выделением энергии [5–7].

Целью исследования явилось сравнительное изучение использования обменной энергии карпа и толстолобика, выращиваемых в поликультуре, под влиянием разных параметров температуры воды.

Объекты и методы исследований

Исследование проведено в условиях прудового хозяйства «ИП Алексеева М. В.» Кузватовского района Ульяновской области в 2017 г.

Материалом для исследования послужили сеголетки и двухлетки карпа и пестрого толстолобика, выращенные в поликультуре с естественной кормовой базой. Для расчета обменной энергии у рыб использовали средние показатели живой массы. Вес рыбы в ходе исследований измеряли с помощью электронных весов.

Затраты энергии на основной обмен у рыб оценивались по показательной функции живой массы. Для рыб принято уравнение $P = 0,8 \cdot M^{0,66}$, где P – энергия основного обмена, ккал; 0,8 – коэффициент пропорциональности; M – живая масса рыбы, кг, в показательной степени 0,66 [8]. Определялись структура расхода обменной энергии на основной обмен, продуктивность и тепловой гомеостаз в удельном исчислении в кДж и ккал.

Результаты исследований

Биологическая функция процессов обмена сводится в основном к образованию веществ, необходимых для нормального функционирования организма, нейтрализации ядовитых соединений, возникающих в результате жизнедеятельности, а также совершению работы (мышечная, железистая, осмотическая, поддержание электрических потенциалов и т. п.).

Пища снабжает рыб химической энергией, которая преобразуется в организме рыбы в процессе обмена в другие виды энергии, например, в тепловую энергию.

Обмен веществ у рыбы, совершающей значительную мышечную работу, называют энергетическим обменом. Энергетический обмен как совокупность химических реакций постепенного распада органических соединений, сопровождающихся высвобождением энергии, необходим рыбам для осуществления жизненных функций [8].

С рыбохозяйственной точки зрения весь обмен веществ рыбы может быть рассмотрен в следующих направлениях: обмен, идущий на поддержание организма, и обмен, идущий на прирост. Величиной прироста определяется эффективность рыбохозяйственных мероприятий, их экономическая целесообразность. Все усилия рыбоведа направлены на то, чтобы наибольшая часть пищевых ресурсов водоема пошла на прирост, а наименьшая – на поддержание организма рыбы. Чтобы достичь наилучшего результата в этом направлении, необходимо знать не только физиологические и биологические особенности промысловой рыбы, но и те внешние условия, в которых она выращивается.

Особенно значимым природным фактором, влияющим на уровень обмена веществ рыбы, является температура водной среды. Обмен веществ у карпа и толстолобика как представителей теплолюбивых видов рыб наиболее эффективен при температуре от +18 до +30 °С. При изменении данных параметров пищевая активность теплолюбивых рыб ослабевает. При длительном понижении температуры воды рыбы должны не только располагать достаточным запасом жира как энергетического материала, но и сохранить нормальный обмен веществ в течение этого периода.

Структура расхода обменной энергии карпа и толстолобика при температуре воды +20 °С представлена в табл. 1.

**Структура расхода обменной энергии карпа и толстолобика
при температуре воды +20 °С**

Показатель	Сеголетки		Двухлетки	
	каarp	толстолобик	каarp	толстолобик
Живая масса, г	34,6 ± 1,72	40,0 ± 1,81*	592,0 ± 30,80	766,0 ± 41,70**
Количество рыб в группе, шт.	10	10	10	10
Потребность в корме, г/гол.	2,0	2,4	12,0	15,0
Использовано обменной энергии:				
ккал	4,0	4,8	24,0	30,0
кДж	16,70	20,00	100,40	125,58
Основной обмен (ОО):				
ккал	0,10	0,10	0,56	0,67
кДж	0,42	0,42	2,34	2,80
% от ОО	2,5	2,0	2,3	2,2
Затрачено на прирост:				
ккал	0,43	0,38	6,90	6,90
кДж	1,80	1,60	28,80	28,80
% от ОО	10,70	8,00	28,75	23,00
Затраты на двигательную активность и др.:				
ккал	3,47	4,32	16,54	22,43
кДж	14,52	18,00	69,23	93,90
% от ОО	86,7	90,0	69,0	74,7

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

При сравнении расхода обменной энергии у двух видов рыб, карпа и пестрого толстолобика, установлено, что сеголетки толстолобика в сутки используют на 3,30 кДж больше энергии, при этом на основной обмен у них затрачивается одинаковое количество энергии – 0,42 кДж, тогда как на прирост сеголетки карпа используют на 2,7 % больше энергии по сравнению с данной возрастной группой толстолобика, что, возможно, связано с большей питательностью мяса карпа (112 ккал), чем у толстолобика (86 ккал). Однако на приспособительные реакции (теплопродукцию, двигательную активность и пр.) сеголетки толстолобика затрачивают энергии на 3,48 кДж больше по сравнению с данными затратами энергии у молодняка карпа.

При изучении возрастной динамики в потребности корма установлено, что она увеличилась у двухлетнего карпа в 6 раз, у толстолобика в 6,25 раз, до 12 и 15 г в сутки соответственно. Также наблюдается рост затрат энергии на основной обмен: у двухлетнего карпа данный показатель составил 2,34 кДж, у толстолобика – 2,8 кДж, что в 5,5–6,6 раз соответственно больше затрат энергии в мальковом возрасте.

Обращает на себя внимание значительный прирост продуктивного использования корма у двухлеток рыб: и у карпа, и у толстолобика этот показатель составляет 6,9 ккал, или 28,8 кДж энергии. Вместе с тем на прирост двухлетки карпа затрачивают 28,75 % от общей обменной энергии, а толстолобик 23,0 %, что на 5,75 % меньше по сравнению с затратами у карпа.

При изучении использования энергии на поддержание организма установлено, что в обеих группах у взрослой рыбы снизились затраты на теплопродукцию, двигательную активность и другие приспособительные реакции (на 17,7 и 15,3 % у карпа и толстолобика соответственно). Однако у толстолобика затраты на данные виды энергии на 24,67 кДж больше, чем у карпа, что может быть связано с большей двигательной активностью в поисках корма.

Структура использования обменной энергии карпа и толстолобика при температуре воды + 15 °С представлена в табл. 2.

Структура расхода обменной энергии карпа и толстолобика при температуре воды + 15 °С

Показатель	Сеголетки		Двухлетки	
	каarp	толстолобик	каarp	толстолобик
Живая масса, г	34,6 ± 1,72	40,0 ± 1,81*	592,0 ± 30,80	766,0 ± 41,70**
Количество рыб в группе, шт.	10	10	10	10
Потребность в корме, г	0,7	0,8	7,1	9,2
Использовано обменной энергии:				
ккал	1,4	1,6	14,2	18,4
кДж	5,86	6,70	59,44	77,02
Основной обмен (ОО):				
ккал	0,10	0,10	0,56	0,67
кДж	0,42	0,42	2,34	2,80
% от ОЭ	7,10	6,25	4,00	3,64
Затрачено на прирост:				
ккал	0,42	0,34	6,93	6,93
кДж	1,75	1,44	28,80	28,80
% от ОО	30,0	21,25	48,85	37,66
Затраты на двигательную активность и др.:				
ккал	0,90	1,16	6,71	10,80
кДж	3,68	4,85	28,0	45,20
% от ОО	64,30	72,50	47,25	58,70

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

При снижении температуры воды у теплолюбивых видов рыб уменьшается пищевая активность. Из полученных результатов следует, что при снижении температуры воды на 5 °С суточное потребление корма у сеголеток и двухлеток исследуемых рыб уменьшилось на 35–40 %. В свою очередь, обменной энергии было использовано меньше на 10,8–13,3 кДж (у двухлеток на 41,0–48,5 кДж). Затраты на основной обмен и прирост практически не изменились. Вместе с тем энергии на двигательную активность и другие расходы затрачивается у сеголеток карпа и толстолобика 3,68 и 4,85 кДж соответственно, что меньше аналогичных затрат у этих рыб при более теплой температуре воды. Такая же тенденция наблюдается и у двухлеток исследуемых рыб.

Заключение

При изучении энергетических затрат карпа и толстолобика установлено, что при снижении температуры воды в пруду у карпа и толстолобика уменьшается пищевая активность и, соответственно, суточное потребление корма. Расходы энергии на двигательную активность у рыб также снижаются, что говорит об уменьшении активности карпа и толстолобика в поисках корма. В то же время при изменении температуры воды в пруду затраты энергии на основной обмен и прирост практически не изменились.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров А. М., Бондаренко Е. А., Гамыгин Ю. П. Технология прудового рыбоводства. М.: Изд-во ВНИРО, 2014. 358 с.
2. Гусаров Г. Н., Корягина В. Н. Прудовое рыбоводство. Ульяновск: Изд-во УГСХА, 2013. С. 160.
3. Калайда М. Л. Биологические основы рыбоводства: учеб. пособие. СПб.: Проспект Науки, 2014. С. 222–223.
4. Калайда М. Л., Говоркова Л. К. Методы рыбохозяйственных исследований: учеб. пособие. СПб.: Проспект науки, 2013. 288 с.
5. Мохов Б. П., Наумова В. В., Васина С. Б., Кирьянов Д. А., Шабалина Е. П. Аквакультура – инновационные подходы к увеличению рыбопродуктивности // Каталог научных разработок и инновационных проектов. Ульяновск: Изд-во Ульян. ГАУ, 2015. С. 41.
6. Наумова В. В., Кирьянов Д. А., Свешикова Е. В. Безопасность стерляди, выращенной в условиях УЗВ // Вестн. Ульян. гос. с.-х. акад. 2017. № 4. С. 81–86.

7. Пономарев С. В., Грозеску Ю. Н., Бахарева А. А. Индустриальное рыбоводство. СПб.: Лань, 2013. 420 с.
8. Фаритов Т. А. Кормление рыб. СПб.: Лань, 2016. 352 с.

Статья поступила в редакцию 04.09.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Егорова Вера Ивановна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры прикладной биологии и микробиологии; lekaego@mail.ru.

Свешникова Елена Васильевна – Россия, 432017, Ульяновск; Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина; канд. биол. наук; доцент кафедры частной зоотехнии, технологии животноводства и аквакультуры; sveshnikovae@inbox.ru.

Наумова Валентина Васильевна – Россия, 432017, Ульяновск; Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина; канд. с.-х. наук, доцент; зав. кафедрой частной зоотехнии, технологии животноводства и аквакультуры; v.v.naumova@mail.ru.

Кирьянов Дмитрий Анатольевич – Россия, 432017, Ульяновск; Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина; канд. с.-х. наук; доцент кафедры частной зоотехнии, технологии животноводства и аквакультуры; dak18@rambler.ru.

Смирнова Анна Николаевна – Россия, 432017, Ульяновск; Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина; канд. биол. наук; ассистент кафедры частной зоотехнии, технологии животноводства и аквакультуры; zaochnoe44@yandex.ru.



INFLUENCE OF WATER TEMPERATURE ON METABOLIC ENERGY STRUCTURE IN FISH

V. I. Egorova¹, E. V. Svешnikova², V. V. Naumova², D. A. Kiryanov², A. N. Smirnova²

*¹ Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

*² Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin,
Ulyanovsk, Russian Federation*

Abstract. The paper gives the analysis of the influence of water temperature on the structure of metabolic energy in carp and silver carp of different age groups. The thermophilic species of carp and spotted silver carp cultivated in the polyculture with natural nutritive base served as the material for a research conducted in a hatchery “Individual Enterprise of Alekseeva M. V.” in Kuzovatovsky district of the Ulyanovsk region. Analysis of fish metabolic energy was made using the mean of live weight of yearlings and two-year-old species of carp and silver carp. As a result, there have been obtained the values of the metabolic energy in fingerlings and two-year-old species of carp and silver carp at different ranges of water temperature. Metabolism in carp and silver carp species being representatives of thermophilic fish is most effective at temperatures within +18-+30°C. The study showed that a decrease in water temperature by 5°C (from 20 to 15°C) causes a decrease in food activity, the daily feed intake of yearlings and two-year-old species of carp and silver carp decreased by 35-40%. Expense for the basal metabolism and growth did not change. Metabolic energy was used by 10.8-13.3.0 kJ less. Also, yearlings and two-year-old species of carp and silver carp spent less energy on motion activity than in the warmer water. Thus, under a decrease in the water temperature in the pond the costs of maintaining thermal homeostasis in fish

increased, while the costs of basal metabolism, on the contrary, decreased. Situation is quite different when the water is warmed up.

Key words: carp, silver carp, energy consumption, energy exchange, water temperature, food activity, basal metabolism, motion activity.

For citation: Egorova V. I., Sveshnikova E. V., Naumova V. V., Kiryanov D. A., Smirnova A. N. Influence of water temperature on metabolic energy structure in fish. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2019;4:110-115. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-4-110-115.

REFERENCES

1. Bagrov A. M., Bondarenko E. A., Gamygin Iu. P. *Tekhnologiya prудovogo rybovodstva* [Pond fish farming technology]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2014. 358 p.
2. Gusarov G. N., Koriagina V. N. *Prudovoe rybovodstvo* [Pond fish farming]. Ul'ianovsk, Izd-vo UGSKHA, 2013. P. 160.
3. Kalaida M. L. *Biologicheskie osnovy rybovodstva: uchebnoe posobie* [Biological grounds of fish farming: teaching guide]. Saint-Petersburg, Prospekt Nauki Publ., 2014. Pp. 222-223.
4. Kalaida M. L., Govorkova L. K. *Metody rybokhoziaistvennykh issledovaniy: uchebnoe posobie* [Fisheries research methods: teaching aids]. Saint-Petersburg, Prospekt Nauki Publ., 2013. 288 p.
5. Mokhov B. P., Naumova V. V., Vasina S. B., Kir'ianov D. A., Shabalina E. P. Akvakul'tura – innovatsionnye podkhody k uvelicheniyu ryboproduktivnosti [Aquaculture: innovative approaches to increasing fish productivity]. *Katalog nauchnykh razrabotok i innovatsionnykh proektov*. Ul'ianovsk, Izd-vo Ul'ianovskogo GAU, 2015. P. 41.
6. Naumova V. V., Kir'ianov D. A., Sveshnikova E. V. Bezopasnost' sterliadi, vyrashchennoi v usloviyakh UZV [Safety of sterlet grown in conditions of water recycling system]. *Vestnik Ul'ianovskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii*, 2017, no. 4, pp. 81-86.
7. Ponomarev S. V., Grozesku Iu. N., Bakhareva A. A. *Industrial'noe rybovodstvo* [Commercial fisheries]. Saint-Petersburg, Lan' Publ., 2013. 420 p.
8. Faritov T. A. *Kormlenie ryb* [Fish nutrition]. Saint-Petersburg, Lan' Publ., 2016. 352 p.

The article submitted to the editors 04.09.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Egorova Vera Ivanovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Applied Biology and Microbiology; lekaego@mail.ru.

Sveshnikova Elena Vasilyevna – Russia, 432017, Ulyanovsk; Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin; Candidate of Biology; Assistant Professor of the Department of Private Animal Science, Technology of Animal Breeding and Aquaculture; sveshnikovae@inbox.ru.

Naumova Valentina Vasilyevna – Russia, 432017, Ulyanovsk; Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin; Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Private Animal Science, Technology of Animal Breeding and Aquaculture; v.v.naumova@mail.ru.

Kiryanov Dmitry Anatolyevich – Russia, 432017, Ulyanovsk; Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin; Candidate of Agricultural Sciences; Assistant Professor of the Department of Private Animal Science, Technology of Animal Breeding and Aquaculture; dak18@rambler.ru.

Smirnova Anna Nikolaevna – Russia, 432017, Ulyanovsk; Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin; Candidate of Biology; Assistant of the Department of Private Animal Science, Technology of Animal Breeding and Aquaculture; zaochnoe44@yandex.ru.

