

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА ЩУКИ (*Esox lucius* L.) В ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ОЗЕРАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Г. Берестовский*, И.А. Ерохина*

*Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН
(г. Мурманск)

Представлены результаты исследования физиолого-биохимических показателей организма щук (*Esox lucius* L.) из тундровых и лесотундровых озер Кольского полуострова. Изученные рыбы имеют низкий темп роста. Размеры гонад значительно меньше, чем у одноразмерных особей из зоны комфортного обитания вида, что предполагает низкую плодовитость щук в исследованных водоемах. Питание рыб характеризуется малым рационом при избытке доступной пищи: основу составляют амфиподы *Gammarus lacustris*. В данной работе рассмотрены особенности метаболизма у щуки на основе изучения биохимического состава крови и уровня энергетических субстратов в тканях. В исследованных тундровых озерах большинство щук имеют красноватые мышцы, и уровень содержания общих каротиноидов в их организме в среднем в 2-3 раза превышает показатели, характерные для рыб из лесотундровых озер. Установлено, что у всех изученных нами рыб белки активно вовлечены в процесс энергообеспечения путем катаболизма. Содержание белка в сыворотке крови исследованных особей, независимо от местообитания, значительно превышает таковое у обитателей рек средней полосы России. Интенсивность катаболизма белка у щук из тундровых озер выше по сравнению с рыбами лесотундровых озер. Отмечены различия в уровне накопления энергетических субстратов в тканях. Содержание гликогена в печени данного вида рыб из лесотундровых озер в 1,5 раза выше, чем у обитателей тундровых озер. В то же время у щук тундровых озер преимущественно запасаются липиды как в печени, так и в мышцах. Вероятнее всего, указанные различия связаны с особенностями кормовой базы рыб в изученных озерах.

Ключевые слова: озера Кольского полуострова, метаболические адаптации щуки, биохимический состав крови щуки, энергетические субстраты в тканях щуки.

Кольский полуостров является для щуки (*Esox lucius* L.) краем ареала. Она распространена неравномерно в отдельных лесотундровых и тундровых водоемах Мурманской обла-

сти, где есть водная растительность, пригодная для нерестового субстрата. Данные о биологии щуки в этих природных зонах немногочисленны, хотя они могли бы существенно дополнить

Контактное лицо: Ерохина Ирина Анатольевна, адрес: 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, д. 17; e-mail: irina.erohina58@mail.ru

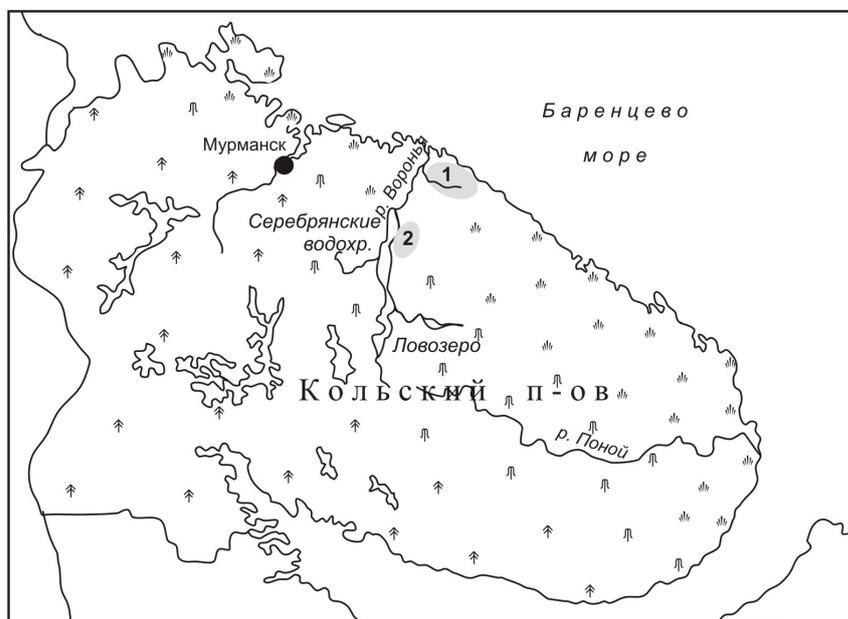
Для цитирования: Берестовский Е.Г., Ерохина И.А. Особенности метаболизма щуки (*Esox lucius* L.) в тундровых и лесотундровых озерах Мурманской области // Arctic Environmental Research. 2017. Т. 17, № 1. С. 21–29. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.1.21

наши представления об адаптации вида в экстремальных для него условиях существования. В связи с этим исследование особенностей биологии заполярных щук весьма актуально. Особого внимания заслуживают популяции некоторых тундровых озер, где большинство щук имеют необычные красноватые мышцы, а основу их рациона составляют гаммариды несмотря на обилие и доступность другой привычной пищи.

Ранее нами были изучены характеристики размерно-возрастной структуры, размножения, питания щук из ряда малых тундровых и лесотундровых озер Кольского полуострова [1–3]. Было установлено, что темп весового роста рыб значительно отстает от такового в более южных водоемах региона, а по сравнению с центральной зоной России он меньше в 2 раза, что является закономерным в экстремальных условиях обитания и подтверждается данными из Анадыро-Колымского бассейнового округа [4]. Исследования питания щук выявили избирательность и скудный рацион при избытке доступной пищи.

Попыткой объяснить эти факты были наши исследования содержания в тканях каротиноидов [1] как соединений, определяющих необычный для щук цвет мышечной ткани. В дальнейшем внимание было сосредоточено на изучении ряда показателей метаболизма в тканях рыб. Целью данной работы было выявление особенностей метаболического статуса, способствующих успешному существованию в экстремальных условиях среды, у щуки тундровых и лесотундровых озер Кольского полуострова.

Материалы и методы. Сбор материала проводили в периоды с июня по сентябрь в 2002–2006 годах. Были изучены обитатели 12 лесотундровых озер бассейна Серебрянских водохранилищ, находящихся в среднем течении р. Вороньей, и 3 тундровых озер системы Хохрячьего ручья, являющегося нижним притоком р. Вороньей (см. рисунок). Обловленные водоемы имели следующие характеристики: площадь до 100 га, глубина 1,5–2,5 м, берега – валунно-торфянистые или болотистые, дно – илисто-песчаное, жидко-торфянистое или ва-



Карта-схема Кольского полуострова с указанием местоположения исследованных тундровых (1) и лесотундровых (2) озер (1:200 000)

лунное. Всего была отловлена спиннинговой снастью 61 щука из лесотундровых озер и 51 – из тундровых (табл. 1).

в ней красящего пигмента [9]. Мы также объясняем красноватый цвет мяса исследованных щук насыщением тканей каротиноидными ли-

Таблица 1

**КОЛИЧЕСТВО ЩУК, ВЫЛОВЛЕННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ИЗ ОЗЕР КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА в 2002–2006 годах**

Озера	2002	2003	2004	2005	2006	Итого
Лесотундровые	16	20	14	5	6	61
Тундровые	13	15	5	8	10	51

Кровь для исследования ряда показателей метаболизма брали из хвостовой вены. Сыворотку отделяли от кровавого сгустка центрифугированием, в ней устанавливали содержание общего белка и его фракций, глюкозы, общих липидов, креатинина, хлоридов, кальция и фосфора, активность некоторых ферментов (трансаминазы) – унифицированными методами [5]. В печени и мышцах определяли содержание гликогена и суммарных липидов, как описано в работе [6]. Содержание общих каротиноидов в мышцах, печени, гонадах устанавливали спектрофотометрически [7]. Выбор изучаемых показателей был обусловлен тем, что ранее проведенные исследования [2, 3] позволили предположить наличие у щук заполярных водоемов особенностей метаболизма, связанных с использованием соединений различной химической природы (белки, углеводы, липиды) в качестве преимущественных энергетических субстратов в механизме адаптации к экстремальным условиям существования. Полученные данные обрабатывали статистическими методами [8]. Для оценки различий между выборками использовали *t*-критерий Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$. Результаты исследования представлены в виде средних значений и стандартных ошибок ($M \pm m$).

Результаты и обсуждение. Давно установлена связь между органолептическим показателем – цветом мышечной ткани и содержанием

пидами преобладающих в пище гаммарид в тундровых озерах. Эти ракообразные аккумулируют намного больше каротиноидов на единицу массы, чем рыбы, причем обнаруженные нами в желудках щук пресноводные бокоплавов вдвое превосходят по уровню их содержания морских сородичей – до 10,2 мг/100 г сырого веса. Однако у ракоядных щук из некоторых лесотундровых озер оказалось обычное зеленоватое мясо, а среди рыбоядных хищниц единично встречались особи с желтоватыми и красноватыми мышцами, что указывает на возможность существования каких-либо дополнительных механизмов, формирующих окраску мышц, и нуждается в детальном изучении.

Связывая красноватую окраску мяса у щук с содержанием в нем каротиноидных пигментов, мы в то же время обнаружили эти соединения и у рыб с обычным зеленоватым цветом мышц, что вполне объяснимо вариациями количественных соотношений различных классов каротиноидов. По крайней мере, по данным польских исследователей [10], у щук обнаруживаются 27 различных каротиноидов. Эти авторы также связывают разнообразие каротиноидов с особенностями питания щук, основу рациона которых составляют рыбы с интенсивной каротиноидной пигментацией.

Приведенные факты демонстрируют реализацию одного из звеньев механизма адаптации заполярных щук к экстремальным условиям

среды, состоящего в целевом накоплении каротиноидов в тканях. По современным представлениям о метаболических адаптациях рыб в условиях Крайнего Севера [11] специфичным для этих гидробионтов является пониженное годовое потребление энергии в совокупности с более высокой эффективностью продуцирования вещества. Каротиноиды, как депонирующие структуры [7], служат дополнительным источником кислорода, уровень потребления которого в таком состоянии возрастает. Кроме того, адаптивное значение имеет и антиоксидантная роль каротиноидов, обусловленная наличием у них полиеновой цепи. В условиях заполярных водоемов это актуально в связи с известной [12] активацией процессов перекисного окисления липидов при низкой температуре.

Исследование некоторых биохимических показателей крови щук (табл. 2) из водоемов

двух локалитетов (тундра и лесотундра) выявило ряд отличий. Среди изученных показателей статистически значимые различия отмечены для общего белка, ферментов (аспартатамино-трансфераза, аланинаминотрансфераза), общих липидов, неорганического фосфора, хлоридов.

Тот факт, что у щук из тундровых озер уровень белка в крови выше, чем у рыб из лесотундровых водоемов, видимо, отражает участие и белков в качестве энергетического субстрата в метаболизме заполярных щук. При этом отметим, что содержание белка в сыворотке крови изученных рыб, независимо от местообитания, значительно превышает таковое у обитателей рек средней полосы. Так, у щук из Рыбинского водохранилища содержание белка в крови составляет $(15,10 \pm 1,25)$ г/л [13], в сыворотке крови щук малых рек Западного Подолья уровень общего белка всего $(11,06 \pm 0,19)$ г/л [14].

Таблица 2

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ ЩУК,
ОБИТАЮЩИХ В ОЗЕРАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА ($M \pm m$)**

Показатель	Местообитания щуки		P
	лесотундровые озера (n = 10)	тундровые озера (n = 15)	
Общий белок, г/л	32,42±1,03	40,69±2,98	<0,01
Белковый коэффициент	0,94±0,04	0,76±0,05	<0,01
Белковые фракции, г/л (%):			
альбумин	15,75±1,16 (48,59±3,57)	17,51±0,70 (43,04±1,73)	>0,05
α-глобулины	6,50±1,34 (20,05±4,14)	4,60±0,38 (11,30±0,93)	<0,05
β-глобулины	4,10±0,63 (12,65±1,95)	5,07±0,67 (12,46±1,65)	>0,05
γ-глобулины	6,07±0,77 (18,71±2,37)	13,51±1,06 (33,20±2,60)	<0,001
Аспартатаминотрансфераза, МЕ/л	64,32±3,56	76,25±4,10	<0,05
Аланинаминотрансфераза, МЕ/л	21,46±2,05	19,24±3,21	>0,05
Коэффициент де Ритиса	3,00±0,22	3,96±0,30	<0,02
Общие липиды, г/л	8,90±1,34	5,80±0,14	<0,05
Глюкоза, ммоль/л	3,28±0,48	2,56±0,39	>0,05
Общий кальций, ммоль/л	2,65±0,17	2,90±0,09	>0,05
Неорганический фосфор, ммоль/л	4,65±0,46	6,81±0,52	<0,01
Хлориды, ммоль/л	96,00±9,39	70,51±2,78	<0,01
Креатинин, мкмоль/л	184,37±21,29	196,66±12,29	>0,05

Примечание: n – количество обследованных рыб; p – уровень значимости различий между показателями рыб из исследуемых водоемов (см. и далее).

Белки сыворотки крови, являясь динамичной системой, отражают состояние организма в целом, различных органов и их систем, а также быстро реагируют на действие разнообразных внутренних и внешних факторов. Белковый катаболизм у рыб происходит как аэробно, так и при дефиците кислорода [15]. На фоне различий между щуками из тундровых и лесотундровых озер по уровню общего белка в крови отмечены различия в его фракционном составе. Очевидно, что основной вклад в разницу уровня общего белка вносит фракция γ -глобулинов. Поскольку основная функция этих белков – защитная, можно предполагать высокие адаптивные возможности изученных нами рыб по сравнению с обитателями более комфортных зон. Для сравнения: у щук из рек Западного Подолья относительное содержание γ -глобулинов в сыворотке крови составляет в среднем $(14,54 \pm 0,72) \%$ [14], что сопоставимо с показателями у щук лесотундровых озер $((18,71 \pm 2,37) \%)$, но более чем в 2 раза меньше показателей у щук из тундровых озер $((33,20 \pm 2,60) \%)$. Некоторые авторы [16] связывают повышенное поступление в кровяное русло γ -глобулинов с изменениями функциональной роли печени. В связи с этим заслуживает внимания активность ферментов трансаминирования – аспартатаминотрансферазы (АсАТ) и аланинаминотрансферазы (АлАТ), характеризующих функциональный статус печени. Общей чертой состояния трансаминаз у изученных нами щук является преобладание активности АсАТ над АлАТ, что свидетельствует о преобладании про-

цессов катаболизма над анаболизмом. Причем интенсивность катаболизма выше у щук из тундровых озер – в крови этих рыб активность АсАТ значимо ($p < 0,05$) выше по сравнению со щуками лесотундровых озер. О соотношении ката- и анаболизма судят по коэффициенту де Ритиса – АсАТ/АлАТ. Значения этого коэффициента у изученных рыб подтверждают следующее: 1) у всех изученных нами рыб белки активно вовлечены в процесс энергообеспечения путем катаболизма; 2) у щук из тундровых озер интенсивность этого процесса выше по сравнению с рыбами лесотундровых озер.

Содержание глюкозы в сыворотке крови обследованных щук относительно невысокое, для сравнения – показатели щук из Рыбинского водохранилища вдвое больше – $(7,43 \pm 3,81)$ ммоль/л [13]. Впрочем, рыбам, в отличие от высших животных, свойственна большая амплитуда не только видовых, но и, особенно, индивидуальных колебаний этого показателя, что связано с менее совершенным механизмом регуляции [17]. Видимо, невысокий уровень глюкозы в крови щук и лесотундровых, и тундровых озер отражает в первую очередь состояние кормовой базы, описанной нами выше.

Оказалось, что щуки из обследованных водоемов значительно различаются по содержанию в тканях резервных веществ – углеводов и липидов (табл. 3). Содержание гликогена в печени щук из лесотундровых озер в 1,5 раза выше ($p < 0,01$), чем у обитателей тундро-

Таблица 3

СОДЕРЖАНИЕ РЕЗЕРВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТКАНЯХ ЩУК, ОБИТАЮЩИХ В ОЗЕРАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА ($M \pm m$)

Показатель	Местообитания щуки		P
	лесотундровые озера (n = 10)	тундровые озера (n = 15)	
Гликоген, мг%:			
печень	1166,34±94,82	764,43±76,20	<0,01
мышцы	226,48±18,26	254,10±21,54	>0,05
Суммарные липиды, %:			
печень	4,23±0,58	7,34±0,75	<0,05
мышцы	1,20±0,25	2,85±0,30	<0,05

вых озер. В то же время уровень гликогена в мышцах практически не различается в обеих группах. Для суммарных липидов в печени и мышцах отмечено иное распределение. Более высоким ($p < 0,05$) уровнем липидов как в печени, так и в мышцах характеризуются рыбы из тундровых озер. Для щук из лесотундровых озер эти показатели сопоставимы с уровнем липидов в печени и мышцах ряда морских рыб [16, 18]. Отмеченные особенности накопления энергетических субстратов у изученных рыб, очевидно, отражают различия в их вкладе в энергообеспечение жизнедеятельности. У обитателей тундровых озер с более суровыми условиями существования в метаболизме возрастает роль липидов как более энергоемких субстратов. Имеющиеся литературные данные о зависимости накопления запасных липидов от экологических условий водоемов [19] позволяют предполагать, прежде всего, пищевое

происхождение указанных различий, связанное с особенностями кормовой базы рыб.

Заключение. Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о существенных различиях в метаболизме щук, обитающих в тундровых и лесотундровых озерах Кольского полуострова. Эти различия связаны, главным образом, с особенностями белкового и липидного обменов. Интенсивность катаболизма белка у щук из тундровых озер выше по сравнению с рыбами лесотундровых озер. Различен и уровень накопления энергетических субстратов в тканях рыб из водоемов указанных локалитетов. У обитателей лесотундровых озер преимущественно запасается гликоген в печени, тогда как у щук тундровых озер – липиды как в печени, так и в мышцах. Отмеченные различия, вероятнее всего, обусловлены состоянием кормовой базы рыб в изученных водоемах.

Список литературы

1. Берестовский Е.Г., Ерохина И.А. Щука *Esox lucius* L. малых озер Восточного Мурмана: биология, содержание каротиноидов // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, ресурсы. Апатиты, 2005. С. 190–207.
2. Берестовский Е.Г., Ерохина И.А. Морфофункциональные адаптации щуки (*Esox lucius*) тундровых и лесотундровых озер Кольского полуострова // Вестн. зоологии. 2007. № 3. С. 227–232.
3. Берестовский Е.Г., Ерохина И.А. Физиолого-биохимические особенности щук тундровых и лесотундровых озер Кольского полуострова // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: материалы XXVIII Междунар. конф., Петрозаводск, 5–8 октября 2009 г. Петрозаводск, 2009. С. 84–89.
4. Грунин С.И. Линейный и весовой рост обыкновенной щуки *Esox lucius* из водоемов северо-востока России // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2003. Вып. 2. С. 382–386.
5. Колб В.Г., Камышиников В.С. Клиническая биохимия. Минск, 1976. 311 с.
6. Методика морфо-физиологических и биохимических исследований рыб. М., 1972. 89 с.
7. Карнаухов В.Н. Биологические функции каротиноидов. М., 1988. 240 с.
8. Зайцев Г.Н. Математический анализ биологических данных. М., 1991. 184 с.
9. Гнитецкая Н.Н., Ткаченко Т.А., Холоша О.А. Характеристика цвета мышечной ткани лососей // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 1998. Вып. 11. С. 90–92.
10. Czczuga B., Czczuga-Semeniuk E. Carotenoid Content in Some Body Parts of Pike (*Esox lucius* L.) Before, During, and Postspawning // Acta Ichthyol. Piscat. 2000. Vol. 30, № 1. P. 101–115.
11. Карамушко Л.И. Метаболические адаптации рыб высоких широт // Докл. Акад. наук. 2001. Т. 379, № 2. С. 279–281.
12. Куликов В.Ю., Семенюк А.В., Колесникова Л.И. Перекисное окисление липидов и холодовой фактор. Новосибирск, 1988. 192 с.

13. Лапирова Т.Б., Флёрова Е.А. Сравнительный анализ некоторых иммунофизиологических параметров крови щуки *Esox lucius* (L.) и судака *Stizostedion lucioperca* (L.) // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыб. хоз-во. 2013. № 1. С. 140–145.
14. Бияк В.Я., Синюк Ю.В., Курант В.З., Прибич Ф.А. Фракционный состав белков сыворотки крови некоторых видов рыб малых рек Западного Подолья // Гидробиол. журн. 2009. Т. 45, № 6. С. 61–69.
15. Шульман Г.Е., Аболмасова Г.И., Столбов А.Я. Использование белка в энергетическом обмене гидробионтов // Успехи соврем. биологии. 1993. Т. 113, вып. 5. С. 576–586.
16. Элементы физиологии и биохимии общего и активного обмена у рыб / под ред. Г.Е. Шульмана. Киев, 1978. 203 с.
17. Плисецкая Э.М. Гормональная регуляция углеводного обмена у низших позвоночных. Л., 1975. 215 с.
18. Шумилина А.К., Козьмина А.В., Якубец Т.Г. Физиолого-биохимическая характеристика производителей корюшки // Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных: материалы II Междунар. науч. конф. Саранск, 2009. С. 162–164.
19. Мурзина С.А., Нефедова З.А., Немова Н.Н. Влияние жирных кислот (маркеров пищевых источников рыб) на механизмы адаптации в условиях высоких широт (Обзор) // Тр. Карел. науч. центра РАН. 2012. № 2. С. 18–25.

References

1. Berestovskiy E.G., Erokhina I.A. Shchuka *Esox lucius* L. malykh ozer Vostochnogo Murmana: biologiya, sodержanie karotinoidov [Pike *Esox lucius* L. of Small Lakes of East Murman: Biology, Carotenoid Content]. *Ikhtiofauna malykh rek i ozer Vostochnogo Murmana: biologiya, ekologiya, resursy* [Ichthyofauna of Small Rivers and Lakes of East Murman: Biology, Ecology, Resources]. Apatity, 2005, pp. 190–207.
2. Berestovskiy E.G., Erokhina I.A. Morfofunktsional'nye adaptatsii shchuki (*Esox lucius*) tundrovyykh i lesotundrovyykh ozer Kol'skogo poluostrova [Morphological and Functional Adaptation of the Pike (*Esox lucius*) of the Lakes in the Tundra and Wood and Tundra of the Kola Peninsula]. *Vestnik Zoologii*, 2007, no. 3, pp. 227–232.
3. Berestovskiy E.G., Erokhina I.A. Fiziologo-biokhimicheskie osobennosti shchuk tundrovyykh i lesotundrovyykh ozer Kol'skogo poluostrova [Physiological and Biochemical Features of Pike of Tundra and Forest-Tundra Lakes in the Kola Peninsula]. *Biologicheskie resursy Belogo morya i vnutrennikh vodoemov Evropeyskogo Severa: materialy XXVIII Mezhdunar. konf., Petrozavodsk, 5–8 oktyabrya 2009 goda* [Biological Resources of the White Sea and Inland Waters of the European North: Proc. 28th Intern. Conf. (Petrozavodsk, 5–8 October, 2009)]. Petrozavodsk, 2009, pp. 84–89.
4. Grunin S.I. Lineynyy i vesovoy rost obyknovennoy shchuki *Esox lucius* iz vodoemov severo-vostoka Rossii [Linear and Weight Growth of Pike *Esox lucius* from the North-East Basins of Russia]. *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova* [Readings in Memory of Vladimir Ya. Levanidov], 2003, no. 2, pp. 382–386.
5. Kolb V.G., Kamyshnikov V.S. *Klinicheskaya biokhimiya* [Clinical biochemistry]. Minsk, 1976. 311 p.
6. *Metodika morfo-fiziologicheskikh i biokhimicheskikh issledovaniy ryb* [Methods of Morpho-Physiological and Biochemical Studies of Fish]. Moscow, 1972. 89 p.
7. Karnaukhov V.N. *Biologicheskie funktsii karotinoidov* [The Biological Functions of Carotenoids]. Moscow, 1988. 240 p.
8. Zaytsev G.N. *Matematicheskyy analiz biologicheskikh dannykh* [Mathematical Analysis of Biological Data]. Moscow, 1991. 184 p.
9. Gnitetskaya N.N., Tkachenko T.A., Kholosha O.A. Kharakteristika tsveta myshechnoy tkani lososey [Color Characteristics of Muscle Tissue of Salmon]. *Nauchnye trudy Dal'rybvtuza* [Scientific Journal of DALRYBVTUZ], 1998, no. 11, pp. 90–92.
10. Czeczuga B., Czeczuga-Semeniuk E. Carotenoid Content in Some Body Parts of Pike (*Esox lucius* L.) Before, During and Post-Spawning. *Acta Ichthyol. Piscat.*, 2000, vol. 30, no. 1, pp. 101–115.
11. Karamushko L.I. Metabolicheskie adaptatsii ryb vysokikh shirot [Metabolic Adaptation of Fish of High Latitudes]. *Doklady Akademii nauk*, 2001, vol. 379, no. 2, pp. 279–281.

12. Kulikov V.Yu., Semenyuk A.V., Kolesnikova L.I. *Perekisnoe okislenie lipidov i kholodovoy factor* [Lipid Peroxygenation and a Cold Factor]. Novosibirsk, 1988. 192 p.

13. Lapirova T.B., Flerova E.A. Sravnitel'nyy analiz nekotorykh immunofiziologicheskikh parametrov krovi shchuki *Esox lucius* (L.) i sudaka *Stizostedion lucioperca* (L.) [Comparative Analysis of Some Immunophysiological Parameters of the Pike *Esox Lucius* (L.) and Pike-Perch *Stizostedion Lucioperca* (L.) Blood]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Rybnoe khozyaystvo* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Ser.: Fishing Industry], 2013, no. 1, pp. 140–145.

14. Biyak V.Ya., Sinyuk Yu.V., Kurant V.Z., Pribich F.A. Fraktsionnyy sostav belkov syvorotki krovi nekotorykh vidov ryb malykh rek Zapadnogo Podol'ya [Fraction Composition of the Blood Serum Proteins of Some Fish Species of the West Podillya Small Rivers]. *Gidrobiologicheskyy zhurnal* [Hydrobiological Journal], 2009, vol. 45, no. 6, pp. 61–69.

15. Shul'man G.E., Abolmasova G.I., Stolbov A.Ya. Ispol'zovanie belka v energeticheskom obmene gidrobiontov [The Use of Protein in the Energy Metabolism of Aquatic Organisms]. *Uspekhi sovremennoy biologii* [Biology Bulletin Reviews], 1993, vol. 113, no. 5, pp. 576–586.

16. Shul'man G.E., ed. *Elementy fiziologii i biokhimii obshchego i aktivnogo obmena u ryb* [Elements of Physiology and Biochemistry of the Total and Active Metabolism of Fish]. Kiev, 1978. 203 p.

17. Plisetskaya E.M. *Gormonal'naya regulyatsiya uglevodnogo obmena u nizshikh pozvonochnykh* [Hormonal Regulation of Carbohydrate Metabolism of Lower Vertebrates]. Leningrad, 1975. 215 p.

18. Shumilina A.K., Koz'mina A.V., Yakubets T.G. Fiziologo-biokhimicheskaya kharakteristika proizvoditeley koryushki [Physiological and Biochemical Characteristic of Producers of Smelt]. *Aktual'nye problemy ekologicheskoy fiziologii, biokhimii i genetiki zhivotnykh: materialy II Mezhdunar. nauch. konf.* [Actual Problems of Ecological Physiology, Biochemistry and Animal Genetics: Proc. 2nd Int. Sci. Conf.]. Saransk, 2009, pp. 162–164.

19. Murzina S.A., Nefedova Z.A., Nemova N.N. Vliyanie zhirnykh kislot (markerov pishchevykh istochnikov ryb) na mekhanizmy adaptatsii v usloviyakh vysokikh shirot (obzor) [Effects of Fatty Acids (Biomarkers of Food Sources) on the Mechanisms of Fish Adaptation in High Latitudes]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences], 2012, no. 2, pp. 18–25.

DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.1.21

*Evgeniy G. Berestovskiy, Irina A. Erokhina**

*Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
(Murmansk, Russian Federation)

METABOLISM FEATURES OF PIKE (*Esox lucius* L.) IN TUNDRA AND FOREST-TUNDRA LAKES OF THE MURMANSK REGION

The results of the study of physiological and biochemical parameters of pike *Esox lucius* L. from the tundra and forest-tundra lakes of the Kola Peninsula are presented in the paper. The studied fishes have a low growth rate. Gonad sizes are significantly less than the uniform in size specimens from a comfortable dwelling zone, which implies a low fecundity of pike in the studied basins. Fish feeding is characterized by small ration under conditions of plenty of available food. Amphipoda

Gammarus lacustris form the basis of food of studied pikes. The paper considers the features of pike metabolism based on the study of the biochemical composition of blood and the level of energy substrates in tissues. The majority of the studied pikes in the tundra lakes have reddish muscles; and the level of total carotenoids in the average is 2-3 times higher than in fishes of the forest-tundra lakes. The proteins in all studied fishes are actively involved in the energy process by catabolism. The protein content in the blood serum of studied fishes, regardless of habitats, significantly exceeds this content of the inhabitants of rivers in the middle zone of Russia. The intensity of protein catabolism is higher in pikes from the tundra lakes than in fishes of the forest-tundra lakes. The differences in the accumulation of energy substrates in tissues are noted. The content of glycogen in the liver of pike in the forest-tundra lakes is 1,5 times higher than that in the tundra lakes. Pikes from the tundra lakes stock up lipids predominantly in the liver and muscles. Most likely, these differences are related to the food base characteristics of fish in the studied lakes.

Keywords: lake of the Kola Peninsula, metabolic adaptation of pike, pike biochemical blood composition, energy substrate in pike tissues.

Received on August 10, 2016

Поступила 10.08.2016

Corresponding author: Irina Erokhina, address: ul. Vladimirskaya, 17, Murmansk, 183010, Russian Federation; e-mail: irina.erohina58@mail.ru

For citation: Berestovskiy E.G., Erokhina I.A. Metabolism Features of Pike (*Esox lucius* L.) in Tundra and Forest-Tundra Lakes of the Murmansk Region. *Arctic Environmental Research*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 21–29. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.1.21