

- Lavaud J., Rousseau B., Etienne A-L., 2003. Enrichment of the light harvesting complex in diadinoxanthin and implications for the non-photochemical fluorescence quenching in diatoms // *Biochemistry*. V. 42. P. 5802–5808.
- Lavaud J., Rousseau B., Etienne A-L., 2004. General features of photoprotection by energy dissipation in planktonic diatoms (Bacillariophyceae) // *J. Phycol.* V. 40. P. 130–137.
- MacIntyre H.L., Kana T., Anning T., Geider R., 2002. Photoacclimation of photosynthesis irradiance response curves and photosynthetic pigments in microalgae and cyanobacteria // *J. Phycol.* V. 38. № 1. P. 17–38.
- Parkhill J-P., Maillet G., Cullen J.J., 2001. Fluorescence-based maximal quantum yield for PSII as a diagnostic of nutrient stress // *J. Phycol.* V. 37. P. 517–529.
- Perkins R.G., Mouget J-L., Lefebvre S., Lavaud J., 2006. Light response curve methodology and possible implications in the application of chlorophyll fluorescence to benthic diatoms // *Mar. Biol.* V. 149. P. 703–712.
- Ralph P.J., Gademann R., 2005. Rapid light curves: a powerful tool to assess photosynthetic activity // *Aquat. Bot.* V. 82. P. 222–237.
- Ryther J., Dunstan W.M., 1971. Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment // *Science*. V. 171. P. 1008–1013.
- Sakshaug E., Bricaud A., Dandonneau Y., Falkowski P.G., Kiefer D.A., Legendre L., Morel A., Parslow J., Takahashi M., 1997. Parameters of photosynthesis: definitions, theory and interpretation of results // *J. Plankton. Res.* V. 19. P. 1637–1670.
- Schreiber U., 2004. Pulse-Amplitude-Modulation (PAM) fluorometry and saturation pulse method: an overview // *Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis* / Eds. G.C. Papageorgiou, Govindjee. Kluwer Acad. Publ. Dordrecht The Netherlands. P. 279–319.
- Schreiber U., Gademann R., Ralph P.J., Larkum A.W.D., 1997. Assessment of photosynthetic performance of *Prochloron* in *Lissoclinum patella* in hospite by chlorophyll fluorescence measurements // *Plant Cell Physiol.* V. 38. P. 945–951.
- Seitzinger S.P., Sanders R.W., 1999. Atmospheric input of dissolved organic nitrogen stimulate estuarine bacteria and phytoplankton // *Limnol. Oceanogr.* V. 44. P. 721–736.
- Wallen D.G., Allan R., 1987. Utilization of amino acids by blue-green alga *Synechococcus* AN (*Anacystis nidulans*) // *Can. J. Botany*. V. 65. P. 1133–1136.

FLUORESCENCE PARAMETERS OF THE WHITE SEA PHYTOPLANKTON IN DIFFERENT SOURCE OF NITRATE

T.A. Belevich, V.A. Osipov

Moscow State University, Moscow, Russia

e-mail: 3438083@list.ru

Phytoplankton was sampled in the Kandalaksha Bay of the White Sea in the end of August, 2007. The samples were kept 14 days *in situ* under two levels of irradiance ($E_1 > E_2$) with additions of nitrogen in form of urea (U), glycine (G), nitrate (N) and ammonium (A). using fluorometer WaterPAM. The following fluorescence parameters were estimated every 3rd day: the maximum PSII efficiency (F_v/F_m), the maximum relative electron transport rate ($rETR_{max}$), coefficient of maximum photosynthetic efficiency (α) and non-photochemical quenching coefficient under light level 401 $\mu E/m^2s$ (NPQ). During the active growth period (from day 1 to day 6) F_v/F_m changed in range from 0.64 to 0.71. In A communities $rETR_{max}$ was higher under E_2 , than under E_1 during all period of biomass growth. The α coefficient dynamics didn't show any dependence on the nitrogen additions. The NPQ dynamics depended on nitrogen source and irradiance level.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЩУК ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ОЗЕР КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Е.Г. Берестовский, И.А. Ерохина

Учреждение Российской академии наук Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия

e-mail: chiv1@front.ru

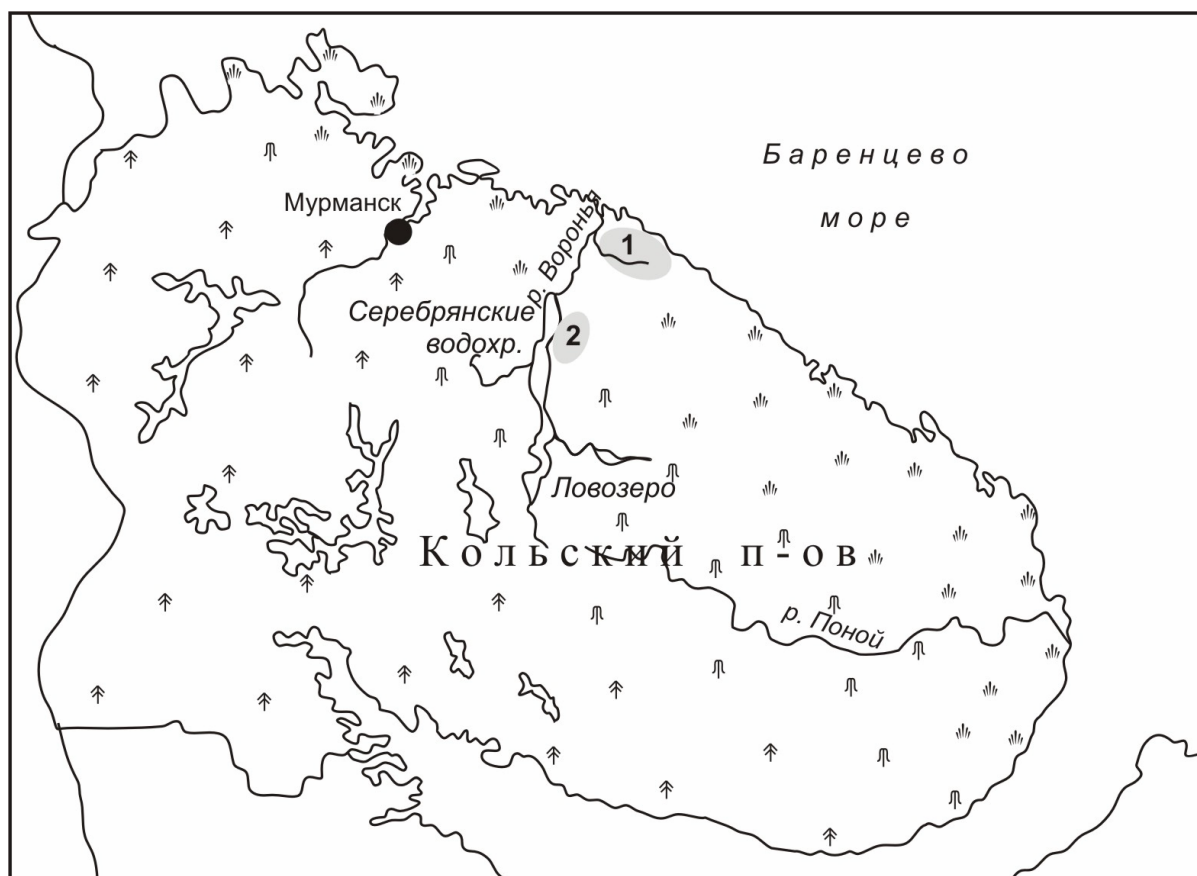
Введение

Ареал щуки *Esox lucius* L. захватывает весь Кольский полуостров, однако в водоемах лесотундры и тундры Восточного Мурмана она распространена мозаично, причем центром расселения являются редкие водоемы с водной растительностью, пригодной для нерестового субстрата. Дан-

ных о биологии щуки в этих природных зонах крайне мало, а между тем именно на краю ареала в наибольшей степени проявляются адаптационные возможности вида в экстремальных для него условиях существования, которые во многих случаях и определяют его границы. Особый интерес представляют популяции некоторых тундровых озер, где большинство щук имеют необычно красноватые мышцы, а основу их рациона составляют гаммариды. В связи с этим, наряду с изучением биологических характеристик щук из лесотундровых и тундровых озер Кольского полуострова, в данной работе была предпринята попытка исследования некоторых показателей метаболизма рыб.

Материал и методы

Материал собран в июне-сентябре 2002–2005 гг. Проведен биологический анализ 61 щуки из двенадцати лесотундровых озер бассейна Серебрянских водохранилищ, находящихся в среднем течении реки Воронья, и 41 щуки из трех горно-тундровых озер системы Хохрячьего ручья, являющегося нижним притоком реки Воронья (рис. 1). Рыбы отловлены спиннинговой снастью. Кровь для анализа брали из хвостовой вены. В сыворотке крови изучали содержание общего белка и его фракций, общих липидов, глюкозы, креатинина, хлоридов, кальция и фосфора унифицированными методами (Камышников, 2000). В печени и мышцах определяли гликоген и суммарные липиды как описано в работе (Методика ..., 1972). Концентрацию общих каротиноидов в мышцах, печени, гонадах определяли спектрофотометрически (Карнаухов, 1988). Цифровой материал обработан общепринятыми методами вариационной статистики с использованием критерия Стьюдента для оценки достоверности различий.



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

Результаты и обсуждение

Размерно-возрастная структура. Достоверно известно, что в малых озерах бассейна Серебрянских водохранилищ обитают щуки длиной до 95 см и массой до 6 кг. В наших уло-

вах встречались особи длиной до 88 см, весом 4.25 кг и в возрасте до 15 лет, причем преобладали рыбы длиной 40–60 см и массой 0.5–1.5 кг в возрасте 5–12 лет. Аналогичная структура популяций наблюдалась в озерах бассейна Хохрячьего ручья, однако особи крупнее 71 см и массы 2.1 кг нам в уловах не попадались, хотя раньше здесь вылавливали щук длиной до 85 см и массой до 3.7 кг (Берестовский, Ерохина, 2005).

Щука в малых озерах тундры и лесотундры растет гораздо медленнее, чем в зоне комфортного обитания вида. Если исходить из результатов обратного расчисления роста, то сеголетки вырастают к зиме всего в среднем до 4.5–4.9 см, а двухлетки в среднем до 9.2–10.4 см, притом, что в центре ареала годовики достигают длины 25–30 см. На индивидуальном уровне ежегодный прирост длины щук в возрасте 3+–7+ составляет в среднем 7–8 см, а затем он в большинстве малых озер снижается до 2.5–3.5 см. В то же время, у некоторых особей наблюдаются годы относительно высокого темпа роста, что свидетельствует об уровне потенциальных возможностей. Наиболее точно зависимость между длиной и возрастом рыб при такой закономерности роста аппроксимируется урав-

нением роста Гомпертца
$$L_t = L_{\max} \cdot e^{-\ln(L_{\max}) \cdot e^{k \cdot t}}$$
, где L_t – расчетная длина рыбы искомого возраста. При этом $L_{\max}$ (максимальная расчетная длина, см), k (расчетный коэффициент) и R (коэффициент корреляции) составили, соответственно, для большинства популяций щук исследованных лесотундровых озер 74.2 см, –0.276 и 0.998, а для тундровых 66.2 см, –0.316 и 0.998. Между тем у щук, обитающих в двух смежных мелководных лесотундровых озерах Копшиньявра и питающихся многочисленным там сигом, существенного снижения темпа роста с возрастом не наблюдается и потому для этой популяции $L_{\max}$, k и R составили, соответственно, 92.2 см, –0.290 и 0.999.

Зависимость между общей длиной (L , см) и массой (W , г) тела измеренных нами щук аппроксимируется уравнением регрессии $W=0.0077L^{2.934}$ при $R^2=0.96$. Весовой темп роста рыб в малых тундровых и лесотундровых озерах значительно отстает от такового в более южных водоемах Колыского полуострова, а по сравнению с центральной зоной России это различие достигает двойной величины. Причем известно, что в первые годы после образования Верхнесеребрянского водохранилища у расселившихся в нем щук наблюдался относительно высокий темп роста и веса, однако уже через десять лет естественного отбора там остались только тугорослые особи с низким весовым приростом (Колюшев и др., 1985). Показательно то, что в аналогичных экстремальных условиях обитания вида на северо-востоке России – в Колымо-Анадырском регионе, и линейный, и весовой рост щук (Грунин, 2003) имеют те же закономерности, что и на Восточном Мурмане.

Р а з м е р н о с т ь. Таяние льда на малых озерах бассейна Серебрянских водохранилищ начинается обычно с конца мая, а в бассейне Хохрячьего ручья – в первой половине июня. В лесотундровых озерах в середине июня нам встречались отнерестившиеся щуки преимущественно на стадии VI или в переходной стадии VI-II. В начале июля в тундровых озерах все особи были в стадии VI-II, а в начале августа уже попадались созревающие самцы в стадии VI-III и даже III-IV, но самки в стадии VI-III отмечены только в начале сентября, основная же их часть оставалась в стадии VI-II. Размеры гонад проанализированных рыб оказались значительно меньше, чем у одноразмерных особей из зоны комфортного обитания вида, что позволяет предположить низкую плодовитость щук в исследованных нами водоемах, а наблюдаемая динамика созревания может свидетельствовать о не ежегодном участии хотя бы части самок и самцов в нересте.

П и т а н и е. Несмотря на обилие гольяна и колюшек, щука в тундровых озерах в течение всего года довольствуется малым рационом, что подтверждается и низким уровнем ожирения внутренностей. Более того, рыба в питании этого типичного хищника имеет тут второстепенное значение, и даже в период летнего откорма желудки щук часто бывают или пустыми или содержат десятки амфипод *Gammarus lacustris*. В малых озерах лесотундры тоже есть водоемы, где у всех щук в пищевом тракте были обнаружены исключительно гаммариды, причем их количество доходило до 230 экз. на особь длиной 50 см. Чем же объяснить такой скудный рацион при избытке доступной пищи и парадоксальную избирательность питания? Как показали экспериментальные исследования метаболизма морских рыб (Карамушко, 2001; Карамушко, Христиансен, 1999), адаптация их к низкой температуре шла по пути снижения годового потребления энергии. Очевидно, это присуще и щукам в исследованных нами популяциях, в результате чего они едят мало, причем ту пищу, которая способствует их выживанию в экстремальных условиях, и растут, соответственно, медленно. Но, вместе с тем, при пониженном годовом репродуктивном потенциале относительная эффектив-

ность их размножения и уровень выживаемости молоди при возникновении благоприятных условий будут безусловно выше, чем в обычных популяциях, что мы связываем с высоким уровнем накопления каротиноидов.

К а р о т и н о и д ы. Связывая красноватую окраску мяса у щук с содержанием в нем каротиноидных пигментов, мы, в то же время, обнаружили эти соединения и у тех рыб, мышцы которых имели обычный зеленоватый цвет, что вполне объяснимо вариациями количественных соотношений различных классов каротиноидов. Данные о 27 найденных каротиноидах у щук из озер Польши (Czeczuga, Czeczuga-Semeniuk, 2000) свидетельствуют о богатом качественном составе этих соединений, причем это связывают с особенностями питания хищника, основу рациона которого составляют рыбы с интенсивной каротиноидной пигментацией. Обнаруженный нами феномен избирательного поедания гаммарид относится к иной, совершенно специфической стратегии адаптации. Эти ракообразные аккумулируют намного больше каротиноидов на единицу веса, чем рыбы, причем обнаруженные нами в желудках щук пресноводные бокоплавы вдвое превосходят по уровню их содержания морских сородичей – до 10.2 мг/100 г сырого веса.

Наши исследования показали, что щуки тундровых и лесотундровых озер имеют разные способности накопления каротиноидов в своих тканях (табл.1).

Таблица 1

Содержание общих каротиноидов (мг/100 г сырого веса) в тканях и органах щук из различных водоемов

ПОЛ РЫБ	РАЙОНЫ ИССЛЕДОВАНИЙ		
	Малые озера бассейна р. Воронья		Водоемы Польши (Czeczuga, Czeczuga-Semeniuk, 2000)
	Лесотундровые	Тундровые	
Мышцы			
Самцы	0.036 (0.001–0.103), n=38	0.099 (0.063–0.217), n=15	0.020
Самки	0.054 (0.016–0.102), n=13	0.100 (0.019–0.211), n=30	0.055 (0.023–0.070)
Печень			
Самцы	0.329 (0.114–0.664), n=7	0.782 (0.535–1.250), n=3	0.086
Самки	0.308 (0.127–0.612), n=8	1.047 (0.413–1.833), n=6	0.126 (0.042–0.247)
Гонады			
Самцы	0.180 (0.123–0.237), n=2	0.273 (0.220–0.374), n=5	0.037
Самки	0.034, n=1	0.400 (0.224–0.536), n=8	0.056 (0.026–0.086)

Примечание. В таблице приведены средние значения показателя, в скобках – пределы колебаний; n – количество обследованных рыб.

Уровень содержания каротиноидов в мышцах щук из лесотундровых озер в среднем близок к величинам, полученным для рыб из водоемов Польши (Czeczuga, Czeczuga-Semeniuk, 2000), однако он вдвое-втрое меньше, чем у щук из тундровых озер. Не обнаружено существенной разницы в уровне накопления каротиноидов в мышцах у особей разного пола, пойманных в одном месте, хотя можно было бы ожидать повышенное их содержание у самок при созревании икры (Лав, 1976). В то же время, при рассмотрении изменений содержания каротиноидов с возрастом наблюдаются отчетливые различия между самцами и самками, выражающиеся в более высоких темпах накопления пигментов у последних. Вероятно, у самок в механизме перераспределения каротиноидов в тканях при созревании гонад главенствующую роль играет печень, что особенно выражено у рыб из тундровых озер – уровень каротиноидов в печени самок более, чем на треть превышает таковой у самцов. Обращает на себя внимание содержание каротиноидов в гонадах изученных щук. У самок из тундровых озер этот показатель на порядок выше, чем у обитателей лесотундровых водоемов, и примерно в таких же пределах он отличается от показателей щук из водоемов Польши. Однако при сравнении с некоторыми представителями арктической фауны (например, с европейской корюшкой из Невской губы) содержание каротиноидов в гонадах как самцов, так и самок вполне сопоставимо. Так, у самцов невисской корюшки уровень каротиноидов в семенниках составляет 0.140 мг/100 г сырого веса, у самок в яичниках – 0.300 мг/100 г сырого веса (Шумилина и др., 2009).

Приведенные факты свидетельствуют о том, что феномен целевого накопления каротиноидов в организме заполярных щук является важнейшим звеном в механизме их адаптации к экстремальным условиям среды. По современным представлениям о метаболических адаптациях рыб в условиях Крайнего Севера (Карамушко, 2001) специфичным для этих гидробионтов является пониженное годовое потребление энергии в совокупности с более высокой эффективностью продуцирования вещества, а последнее связано с повышенным уровнем потребления кислорода, дополнитель-

ным источником которого служат такие депонирующие структуры, как каротиноиды (Карнаухов, 1988). Кроме кислородзапасающей функции каротиноидов адаптивное значение может иметь и антиоксидантная роль этих соединений, обусловленная наличием у них полиеновой цепи (Микулин, 2000). В условиях заполярных водоемов это актуально в связи с известным (Куликов и др., 1988) явлением активации процессов перекисного окисления липидов при низкой температуре. Поэтому накопление каротиноидов в тканях шук можно рассматривать и как фактор повышения устойчивости к длительному действию низкой температуры, и как защиту от нарастающего количества продуктов окисления липидов. Таким образом, относительно высокое содержание этих пигментов у шук, обитающих в экстремальных условиях, по крайней мере с двух вышеупомянутых сторон обеспечивает на молекулярно-клеточном уровне их высокую жизнеспособность.

Некоторые показатели метаболизма. Отмеченные различия в содержании каротиноидов в тканях шук из тундровых и лесотундровых озер побудили к исследованию и других биохимических показателей рыб с целью характеристики у них особенностей метаболизма. Было обнаружено, что щуки из обследованных водоемов значительно различаются по содержанию в тканях резервных веществ – углеводов и липидов. Так, содержание гликогена в печени шук из лесотундровых озер в 1.5 раза выше, чем у обитателей тундровых озер – 1166.34 мг% против 764.43 мг% ($p < 0.01$). В то же время уровень гликогена в мышцах практически не различается в обеих группах и составляет в среднем 250 мг%. 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 – $7.34 \pm 0.75\%$ и $2.85 \pm 0.30\%$, соответственно. Для шук из лесотундровых озер эти показатели составляют $4.23 \pm 0.58\%$ и $1.20 \pm 0.25\%$, что сопоставимо с уровнем липидов в печени и мышцах ряда морских рыб (Шумилина и др., 2009; Элементы физиологии ..., 1978). 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 (Сидоров, 1983) позволяют предполагать, прежде всего, пищевое происхождение указанных различий, связанное с особенностями кормовой базы рыб, что отмечалось нами выше.

Исследование некоторых биохимических показателей крови шук из различных водоемов также выявило ряд отличий (табл.2).

Таблица 2

Биохимические показатели сыворотки крови шук из лесотундровых и тундровых озер Кольского полуострова

Показатели	Лесотундровые озера, n=10	Тундровые озера, n=15	p
Общий белок, г/л	32.42 ± 1.03	40.69 ± 2.98	< 0.01
Белковые фракции, отн. %:			
альбумин	48.59 ± 3.57	43.04 ± 1.73	> 0.05
α -глобулины	20.05 ± 4.14	11.30 ± 0.93	< 0.05
β -глобулины	12.65 ± 1.95	12.46 ± 1.65	> 0.05
γ -глобулины	18.71 ± 2.37	33.20 ± 2.60	< 0.001
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
Кальций общий, ммоль/л	2.65 ± 0.17	2.90 ± 0.09	> 0.05
Фосфор неорганический, 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 – степень достоверности различий между показателями рыб из исследуемых водоемов.

Тот факт, что у шук 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 шук. Участие белков крови рыб в удовлетворении энергетических потребностей организма доказано экспериментально, и даже рекомендовалось использовать уровень белка в крови, наряду с содержанием общего жира, в качестве одного из критериев упитанности рыб (Сорвачев, 1982). Требуется отдельного объяснения различие между изученными группами рыб в содержа-

нии отдельных белковых фракций, особенно гамма-глобулинов. Некоторые авторы (Элементы физиологии ..., 1978) связывают повышенное поступление в кровяное русло гамма-глобулинов с изменениями функциональной роли печени.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о существенных различиях между щуками, обитающими в тундровых и лесотундровых озерах Кольского полуострова. Эти различия проявляются как в характеристиках биологии рыб (рост, питание, размножение), так и в показателях их метаболизма.

Литература

Берестовский Е.Г., Ерохина И.А., 2005. Щука *Esox lucius* L. малых озер Восточного Мурмана: биология, содержание каротиноидов // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, ресурсы. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. С.190–207.

Грунин С.И., 2003. Линейный и весовой рост обыкновенной щуки *Esox lucius* из водоемов северо-востока России // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 2. С.382–386.

Камышников В.С., 2000. Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике: В 2 т. Минск: Беларусь. 958с.

Карамушко Л.И., 2001. Метаболические адаптации рыб высоких широт // Докл. Академии наук. Т. 379, № 2. С.279–281.

Карамушко Л.И., Христиансен Й.Ш., 1999. Метаболизм и метаболическая адаптация у рыб высоких широт // Адаптация и эволюция живого населения полярных морей в условиях океанического перигляциала. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. С.56–61.

Карнаухов В.Н., 1988. Биологические функции каротиноидов. М.: Наука. 240с.

Колюшев А.И., Кузьмичев А.П., Курникова Т.А., Попов Н.Г., 1985. Влияние промысла на формирование ихтиофауны Серебрянского водохранилища и перспективы его рыбохозяйственного использования // Рыбохозяйственные исследования Верхнетуломского и Серебрянского водохранилищ Мурманской области. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С.91–114.

Куликов В.Ю., Семенюк А.В., Колесникова Л.И., 1988. Перекисное окисление липидов и холодовой фактор. Новосибирск: Наука. 192с.

Лав Р.М., 1976. Химическая биология рыб. М.: Пищевая промышленность. 349с.

Методика морфо-физиологических и биохимических исследований рыб. М., 1972. 89с.

Микулин А.Е., 2000. Функциональное значение пигментов и пигментации в онтогенезе рыб. М.: Изд-во ВНИРО. 231с.

Сидоров В.С., 1983. Экологическая биохимия рыб. Липиды. Л.: Наука. 240с.

Сорвачев К.Ф., 1982. Основы биохимии питания рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность. 247с.

Шумилина А.К., Козьмина А.В., Якубец Т.Г., 2009. Физиолого-биохимическая характеристика производителей корюшки // Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных: Матер. II Междунар. науч. конф. Саранск: ООО «Мордовия-ЭКСПО». С.162–164.

Элементы физиологии и биохимии общего и активного обмена у рыб / Под ред. Г.Е.Шульмана. Киев: Наук. думка, 1978. 204с.

Czczuga B., Czczuga-Semeniuk E., 2000. Carotenoid content in some body parts of pike (*Esox lucius* L.) before, during, and postspawning // Acta ichthyol. et pisc. V.30, № 1. P.101–115.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PECULIARITIES OF PIKES FROM LAKES OF THE KOLA PENINSULA

E.G. Berestovsky, I.A. Erokhina

Murmansk Marine Biological Institute, Kola Science Centre,

Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia

e-mail: chiv1@front.ru

The results of biological analysis of pikes *Esox lucius* L. from tundra and forest-tundra lakes of the Kola peninsula are presented. Rate of body growth of fishes especially young was low. The annual growth of length of pikes in the age of 3+–7+ was 4–15 cm, then it decreased up to 2–5 cm in the majority of populations. The weight rate of body growth is also rather low. The fish in a feeding of this predator has here usually minor value, and more often a basis of a low ration make satiated with carotenoids

amphipodes *Gammarus lacustris*, and this phenomenon may be connected to adaptation of energy metabolism and reproductive function for extreme conditions of existence. In the tundra lakes the majority of pikes have reddish meat, and the level of total carotenoids content on the average in 2–3 times exceeds these parameters for fishes from forest-tundra lakes. Besides the differences in accumulation power substrates in a liver both muscles, and series of biochemical parameters of blood serum are found.

ВЛИЯНИЕ РАЗНОЙ СОЛЕННОСТИ НА ЛИПИДЫ АМФИПОД БЕЛОГО МОРЯ

В.В. Богдан¹, Г.А. Шкляревич², Т.Р. Руоколайнен¹, Л.В. Маркова¹

¹ Учреждение Российской академии наук Институт биологии Карельского научного центра РАН,
г. Петрозаводск, Россия

² Петрозаводский Государственный университет, г. Петрозаводск
e-mail: gash@psu.karelia.ru

Соленость является одним из важнейших факторов в экологии гидробионтов (Хлебович, 1981). Средняя соленость вод Белого моря составляет 24,3‰. В районах, прилегающих к устьям рек, соленость снижается до 15‰ и ниже, у берегов колеблется в пределах 20–24‰, а в открытом море доходит до 26‰. Весной в период таяния льда и снега соленость воды на поверхности резко снижается. В кутовой части Кандалакшского залива распреснение происходит весной также и в результате массивованных холостых сбросов воды из водохранилища (оз. Имандра) каскада Нивских ГЭС по руслу реки Нива.

Соленость влияет на обитателей различными способами: общей концентрацией, относительным содержанием солей, коэффициентом абсорбции и насыщения растворенных газов, плотностью, вязкостью и др. Кроме величины изменения солености важное значение имеет продолжительность влияния этого фактора. Подавляющее большинство работ по влиянию солености на беспозвоночных посвящено изучению физиологического воздействия и толерантного диапазона. Амфиподы *Gammarus oceanicus* являются эвригалинным видом, выдерживающим колебания солености воды в наиболее широком диапазоне. Это предполагает наличие эффективных механизмов биохимической адаптации, связанных с липидами и белками (Карпевич, 1983).

Нами был изучен липидный и жирнокислотный состав литоральных *Gammarus oceanicus* в районах Белого моря с разной соленостью воды (25, 20 и 16‰). Для анализа липидов применяли общепринятые методы липидологии с использованием тонкослойной, газожидкостной и высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Результаты исследования показали (рис), что в условиях более низкой солености у амфипод происходит повышение количества общих липидов. При сравнении фракционного состава отмечено значительное изменение уровня структурных компонентов мембран – фосфолипидов (ФЛ) и холестерина (ХЛ). Наблюдалось увеличение содержания фосфолипидов при опреснении относительно 25‰, однако четкой корреляции при снижении солености не наблюдалось. Между тем в отношении холестерина отмечалось увеличение его содержания по мере уменьшения солености воды. При этом величина Х/ФЛ при 20‰ не отличалась от 25‰, но оказалась почти вдвое выше при 16‰. Как показано ранее, молярное соотношение холестерина к фосфолипидам является показателем микровязкости биологических мембран, обеспечивающим оптимальные межклеточные взаимодействия (Лопухин и др., 1985). Увеличение этого коэффициента при более низкой солености должно приводить к повышению вязкости и снижению проницаемости клеточной мембраны.

В соотношениях индивидуальных фосфолипидов у амфипод (Рис.) по мере снижения солености обнаружено повышение уровня фосфатидилхолина (ФХ) и уменьшение лизофосфатидилхолина (ЛФХ), особенно выраженное при 16‰. В условиях пониженной солености отмечалось также уменьшение концентрации фосфатидилэтаноламина (ФЭА) и фосфатидилсерина. Изменения состава ФЛ, их упорядоченности и упаковки в бислое играют важнейшую роль в процессах адаптации клеток к условиям окружающей среды. Однако при этом важное значение имеет сохранение стабильности в соотношениях отдельных фосфолипидных фракций, определяющих проницаемость мембран. При опреснении величина ФХ/ФЭА у амфипод оказалась значительно ниже.