Выводы

Полученные материалы исследований позволили вскрыть закономерности распределения рыб на акваториях мелководных пойменных водоемах, выявить размерный и видовой состав рыбного населения, показать особенности их суточного перераспределения.

Литература

Борисенко Э.С. 2008. Измерение силы цели рыб «in situ» с помощью сканирующих гидроакустических систем //Материалы докл. Всероссийской конф. «Гидроакустические исследования на внутренних водоемах», 2–4 декабря 2008 г. Изд. ООО «Принтхаус» 2008. 78 с., с.12–19.

Иоганзен Б.Г. 1972.//Биологические ресурсы поймы Оби. Новосибирск: Наука. С. 270–291.

Borisenko E.S, Mochek A.D., Degtev A.I., Pavlov D.S. Hydroacoustic characteristics of mass fishes of Ob-Irtish basin // Journal of Ichthyology; Vol. 46, Suppl. 2. pp.S227–S234. 2006.

СРАВНЕНИЕ ЛИПИДНЫХ СПЕКТРОВ СЕГОЛЕТОК АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *Salmo salar* L. ИЗ ДВУХ БИОТОПОВ ПРИТОКА АРЕНЬГА (р. Варзуга, Кольский п-ов)

Д.С. Павлов, З.А. Нефедова, А.Е. Веселов, О.Б. Васильева, Т.Р. Руоколайнен, П.О. Рипатти, Н.Н. Немова
Учреждение Российской академии наук, Институт биологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск;
e-mail: znefed@krc.karelia.ru

Введение

Ранее нами описаны условия формирования устойчивых фенотипических групп сеголеток лосося, обитающих в разных типах выростных участков реки Варзуга (Павлов и др., 2007). Были выявлены отличия в накоплении отдельных фракций липидов и жирных кислот в зависимости от местообитания, которые в итоге, к концу лета, отражались на размерно-весовых показателях фенотипических групп сеголеток (Павлов и др., 2008). Можно предположить, что в последующем эти различия усиливаются или модифицируются, влияя на сроки смолтификации. В связи с этим представляет интерес проследить дифференцировку сеголеток (0+) лосося по липидному статусу (состоянию комплекса показателей липидного обмена) возникающую уже в первые две недели после активного расселения и перехода личинок в стадию малька. Липидный статус можно рассматривать как один из механизмов формирования внутрипопуляционной разнокачественности атлантического лосося в протяженных и сложных по геоморфологии реках.

Цель данного исследования состояла в сравнительном изучении липидного статуса сеголеток лосося после распределения их из нерестовых гнезд на места постоянного обитания. Сравнивали липидные спектры сеголеток (0+) лосося, не имеющих к концу июня различий в размерно-весовых характеристиках, но обитающих в двух различных по гидрологическим условиям биотопах притока Аренья (р. Варзуга). Мальки одной генерации после выклева в главном русле р. Варзуга переместились в устье притока Аренья, а молодь другой генерации выклюнулась в грунте порогового участка р. Аренья и скатилась ближе к устью на участок под водопадом.

Материал и методы

Сбор молоди атлантического лосося с двух участков, расположенных в устье и под водопадом в р. Аренья (66°32’5 с.ш., 36°15’5 в.д.) осуществляли 22 июня 2006 г с помощью аппарата электролова (Fa-2) норвежского производства.

Индивидуальные пробы сеголеток, по 30 экз. с каждого биотопа, тщательно измельчали и фиксировали 96% этиловым спиртом, затем добавляли смесь хлороформ-метанол (2:1) и хранили до анализа в холодильнике при температуре +4°С (Folch et al., 1957). Выделенные общие липиды (Р1) сушили до постоянного веса в эксикаторе над фосфорным ангидридом (Р2О5) в холодильной камере (при +4°С). Обезжиренный остаток (Р2), включающий белки, углеводы, нуклеиновые кислоты, аминокислоты и микроэлементы, также сушили до постоянного веса, но при комнатной температуре.

Общие липиды разделяли на липидные фракции: суммарные фосфолипиды (ФЛ), триацилглицерины (ТАГ), холестерин (ХС), эфиры холестерина (ЭХС). При этом использовали тонкослойные хроматографические пластинки «Silufol» («Kavalier», Чехия) и систему растворителей: петро-

лейный эфир – серный эфир – уксусная кислота (90:10:1). Количество ФЛ и ТАГ определяли гидроксаматным методом (Сидоров и др., 1972), ХС и ЭХС – по реакции с окрашенным реагентом (Engelbrecht et al., 1974), оценивая в процентах от сухой массы пробы (Р1+Р2).

Состав индивидуальных фосфолипидов – фосфатидилсерин (ФС), фосфатидилэтаноламин (ФЭА), фосфатидилхолин (ФХ) и лизофосфатидилхолин (ЛФХ) анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) (Arduini et el., 1996) на стальной колонке Nucleosil 100-7 («Элсико», Москва), используя элюент – ацетонитрил-гексан-метанол-ортофосфорную кислоту (918:30:30:17,5). Детектирование проводили по степени поглощения световой длины волны 206 нм. Соотношение между компонентами оценивали по величинам площадей пиков на хроматограмме.

Содержание жирных кислот (ЖК) общих липидов определяли методом газожидкостной хроматографии в виде их метиловых эфиров после прямой эстерификации в метаноле (Новак, 1978). Разделение проводили на хроматографах «Кристалл 5000» («Хроматек», Йошкар-Ола) с пламенно-ионизационным детектором в капиллярной колонке ZB-FFAP длиной 50 м, с внутренним диаметром 0,32 мм и толщиной слоя жидкой фазы 0,50 мкм.

Достоверность различий выборок оценивали по U-критерию Манна-Уитни (Лакин, 1990).

Результаты и обсуждение

Оценка липидного статуса сеголеток лосося из двух биотопов притока Ареньга показала отсутствие достоверных различий по содержанию общих липидов, в том числе ХС, ТАГ, суммы насыщенных и моноеновых ЖК. У сеголеток, отловленных под водопадом, по сравнению с устьевыми мальками установлен пониженный уровень ЭХС и повышенный суммарных фосфолипидов, ФС, ФЭА и ФХ, а доля ЛФХ снижена. Все различия достоверны ($p<0,05$) (табл.). Более высокая (в 2 раза) концентрация ЭХС у сеголеток из устья притока, вероятно, связана с пищевым фактором, так как известно, что в некоторых кормовых объектах рыб содержание ЭХС весьма значительно (Гершанович и др., 1991).

Выявленные различия в фосфолипидных спектрах у сеголеток лосося из двух участков притока Ареньга указывают на участие этих мембранных липидов в адаптивных реакциях рыб, вызванных разными трофо-экологическими условиями обитания, такими как скорость потока, температура воды, видовой состав и доступность кормовых объектов. Известно, что фосфолипиды играют важную роль не только как структурные компоненты биомембран, многие из них (ФЭА, ФХ, ФС, ЛФХ и др.) при определенной концентрации выполняют специфические регуляторные функции в отношении целого ряда мембранных ферментов (Крепс, 1981; Болдырев, 1985; Проказова и др., 1998; Гринштейн, Кост, 2001; Николлс и др., 2008).

У молоди рыб из двух биотопов различен метаболизм полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Сеголетки, обитающие в устье р. Ареньга, отличались более высоким уровнем 18:2(n-6) кислоты (табл.), которая характерна для наземных насекомых, способных синтезировать ее *de novo* (Downer, 1985). Известно, что в жирнокислотном спектре насекомых относительно больше ПНЖК (n-6) семейства и меньше ПНЖК (n-3) (Рипатти и др., 2004). Следует отметить, что именно устьевая часть в виде заливного луга имеет благоприятные условия для развития летающих насекомых (воздушной кормовой фракции – имаго и личинок), которые в конце июня составляют значительную долю рациона молоди лосося. У сеголеток, обитающих в биотопе под водопадом, по сравнению с устьевыми, отмечено повышенное содержание суммы ПНЖК, в том числе суммы (n-3) ПНЖК, в основном за счет докозагексаеновой 22:6 (n-3) кислоты (табл.). Этот участок обитания плотно закрыт еловыми деревьями и, как следствие, не имеет условий для массового развития воздушной фракции насекомых. Здесь питание молоди лосося в основном базируется на организмах водных беспозвоночных. Не исключено, что это является одной из причин повышенного содержания суммы ПНЖК (n-3) у сеголеток из порога. Указанные различия по ЖК достоверны ($p<0,01–0,001$) и, возможно, являются результатом ускоренных процессов элонгации и десатурации пищевых (n-3) ПНЖК у молоди из-под водопада и одним из механизмов биохимической адаптации к данным условиям обитания. Высокое содержание 22:6 (n-3) кислоты в мышцах рыб может быть связано с повышенной двигательной активностью сеголеток у водопада на фоне интенсивного потока воды (Шульман, Яковлева, 1983; Юнева и др., 1987).

Размерно-весовые характеристики и содержание липидных фракций у сеголеток атлантического лосося в зависимости от мест обитания

Показатели	Место обитания	
	Ареньга, устье	Ареньга, под водопадом
Количество, экз.	30	30
Длина рыб, см	3,05±0,03	3,10±0,03
Вес рыб, г	0,18±0,02	0,19±0,02
Общие липиды, % сухой массы	9,94±0,26	10,69±0,39
ТАГ, % сухой массы	1,69±0,13	2,02±0,16
ХС, % сухой массы	3,21±0,20	3,15±0,19
ЭХС, % сухой массы	0,46±0,05*	0,22±0,03
ФЛ, % сухой массы	4,59±0,20*	5,30±0,21
ФС, % сухой массы	0,06±0,01*	0,38±0,02
ЛФХ, % сухой массы	1,26±0,10*	0,13±0,02
ФХ, % сухой массы	2,28±0,12*	3,27±0,14
ФЭА, % сухой массы	0,44±0,04*	1,24±0,05
18:2n-6, % суммы ЖК	3,63±0,58*	2,77±0,72
22:6n-3, % суммы ЖК	13,34±1,94*	15,84±1,81
Сумма n-3 ПНЖК, % суммы ЖК	30,54±3,10*	34,09±2,16
Сумма n-6 ПНЖК, % суммы ЖК	5,30±0,73*	4,52±1,02

* – различия между биотопами «устье» и «под водопадом» достоверны

Таким образом, в липидных спектрах выявлены различия по уровню фосфолипидов и жирных кислот у сеголеток лосося из двух биотопов р. Ареньга. Ведущая роль в формировании липидного статуса молоди рыб принадлежит трофо-экологическим факторам: видовому спектру питания, доступности кормовых объектов, и особенностям гидрологического режима мест обитания.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-04-01140-а, 08-04-91771-АФ, Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие: инвентаризация, функции, сохранение» и гранта Президента РФ НШ № 306. 2008.4.

Литература

Болдырев А.А. 1985. Биологические мембраны и транспорт ионов. М.: МГУ, 1985, 207 с.

Гершанович А.Д., Лапин В.И., Шатуновский М.И. 1991. Особенности обмена липидов у рыб // Успехи современной биологии, т. 111, вып. 2. С. 207–219.

Гринштейн С.В., Кост О.А. 2001. Структурно-функциональные особенности мембранных белков // Успехи биологической химии, т. 41. Пущино. С. 77–104.

Крепс Е.М. 1981. Липиды клеточных мембран. Эволюция липидов мозга. Адаптационная функция липидов. Л.: Наука, 339 с.

Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высшая школа. 352 с.

Николлс Дж.Г., Мартин А.Р., Валлас Б.Дж., Фукс П.А. 2008. От нейрона к мозгу. М.: ЛКИ, 671 с.

Новак И. 1978. Количественный анализ методом газовой хроматографии. М.: Мир. 180 с.

Павлов Д.С., Мещерякова О.В., Веселов А.Е., Немова Н.Н., Лупандин А.И. 2007. Показатели энергетического обмена у молоди атлантического лосося (*Salmo salar* L.), обитающей в главном русле и притоке реки Варзуга (Кольский п-ов) // Вопр. ихтиологии, т. 47, № 6. С. 819–826.

Павлов Д.С., Нефедова З.А., Веселов А.Е., Немова Н.Н., Руоколайнен Т.Р., Васильева О.Б., Рипатти П.О. 2008. Липидный статус сеголеток атлантического лосося *Salmo salar* L. из разных микробиотопов реки Варзуга // Вопр. ихтиологии, т. 48, № 5. С. 679–685.

Проказова Н.В., Звездина Н.Д., Коротаева А.А. 1998. Влияние лизофосфатидилхолина на передачу трансмембранного сигнала внутрь клетки // Биохимия, т. 63, вып. 1. С. 38–46.

Рипатти П.О., Карпова С.Г., Маркова Л.В., Руоколайнен Т.Р., Нефедова З.А. 2004. Содержание линолевой кислоты в фосфолипидах и фотопреферентное поведение таракана Nauphoeta Cinerea (Blattoptera, Blaberidae) // Зоол. журн., т. 83. № 10. С. 1237–1243.

Сидоров В.С., Лизенко Е.И., Болгова О.М., Нефедова З.А. 1972. Липиды рыб. 1. Методы анализа. Тканевая специфичность ряпушки *Coregonus albula* L. // Лососевые (Salmonidae) Карелии. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР. Вып. 1. С. 152–163.

Шульман Г.Е., Яковлева К.К. 1983 Гексаеновая кислота и естественная подвижность рыб // Журн. общей биол., т. 44, № 4. С. 529–540.

Юнева Т.В., Шульман Г.Е., Чебанов Н.А., Щепкина А.М. 1987. Содержание докозогексаеновой кислоты в липидах самцов горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в период нереста // Журн. эвол. биохим. и физиол., т. 23, № 6. С. 707–710.

Arduini A., Peschechera A., Dottori S., et al. 1996. High performance liquid chromatography of long-chain acylcarnitine and phospholipids in fatty acid turnover studies // J. Lipid Res., v. 37, № 2. P. 684–689.

Downer R.G.H. 1985. Lipid metabolism // Comprechensive insect physiology, biochemistry and pharmacology (Biochemistry), vol. 10. P. 77–113.

Engelbrecht F.M., Mari F., Anderson J.T. 1974. Cholesterol determination in serum. A rapid direction method // S.A. Med. J., v. 48, № 7. P. 250–356.

Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem., v. 226, № 5. P. 497–509.

О ЛЕТНЕМ ИХТИОПЛАНКТОНЕ ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Л.В. Парухина
Северный филиал ПИНРО, г. Архангельск, Россия
e-mail: luda@sevpinro.ru

Северным филиалом ПИНРО в течение ряда лет выполнялись наблюдения за ихтиопланктоном Белого моря. Исследованиями была охвачена значительная часть акватории моря, включая Двинский залив. Информация о личинках и икринках рыб, обитающих в этом районе, в литературе весьма скудна. В настоящей работе представлены данные о структуре ихтиопланктонного сообщества, приводятся некоторые сведения о доминирующих видах, распределении и численности личинок и икринок рыб в этом заливе Белого моря в летний период.

Материал и методы

В работе использован материал по ихтиопланктону, собранный в период конца мая – первой декады июля 2002–2008 гг. в Двинском заливе Белого моря. Сборы проводились преимущественно у Летнего берега и в районе о. Мудьюг, а также в Яндовой губе, расположенной в предустьевой части реки Северная Двина (рис. 1). Ихтиопланктон отбирался икорными сетями ИКС-80 и ИКС-50 методом горизонтальных ловов в течение 5–10 минут у поверхности воды и в толще, на глубине 10 м. Всего проанализировано 147 проб, в том числе 59 из Яндовой губы. Расчет плотности на 100 м³ сделан с учетом коэффициентов уловистости сетей (0,62 и 0,9).

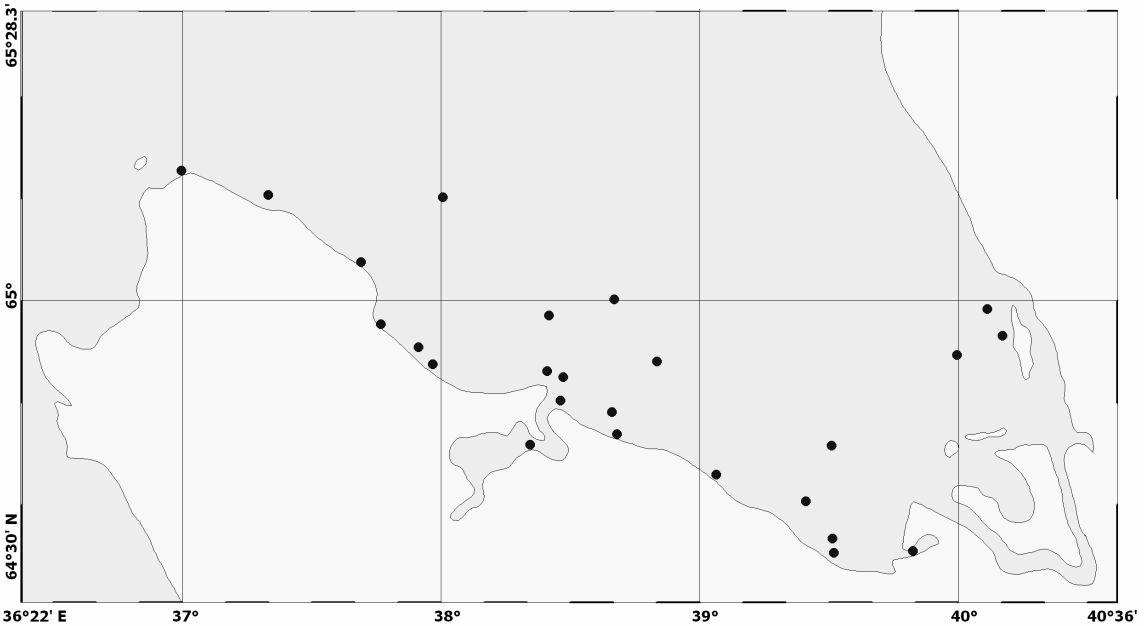


Рис. 1. Объединенная схема ихтиопланктонных станций, выполненных в Двинском заливе Белого моря в 2002–2008 гг.