

Разнокачественность липидных и жирнокислотных спектров у сеголеток атлантического лосося *Salmo salar* L., различающихся размерно-весовыми характеристиками

З. А. НЕФЕДОВА, С. А. МУРЗИНА, А. Е. ВЕСЕЛОВ, П. О. РИПАТТИ, Н. Н. НЕМОВА

Институт биологии Карельского научного центра РАН
185910, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
E-mail: murzina.svetlana@gmail.com

Статья поступила 15.11.2013

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование липидного, в том числе жирнокислотного, статуса у сеголеток атлантического лосося, различающихся размерно-весовыми характеристиками и степенью упитанности. Показана разнокачественность по жирнокислотным спектрам у исследуемых групп молоди, что указывает на различие в скорости биохимических реакций синтеза и модификации липидов и жирных кислот, обусловленных фенотипическим разнообразием. Особенности метаболических процессов у исследуемых группировок сеголеток лосося связаны с качественным разнообразием спектров питания и доступностью корма в биотопе.

Ключевые слова: атлантический лосось, липиды, жирные кислоты, онтогенез.

Река Варзуга (Кольский полуостров) является важным нерестово-выростным водоемом, в котором воспроизводится крупнейшее стадо атлантического лосося. В июне при повышении температуры воды до 11–13 °С происходит активное расселение личинок из галечных нерестовых гнезд. В процессе этого они приобретают чешуйный покров, становясь мальками, и часть из них активно мигрирует в прибрежье главного русла р. Варзуга, а другая часть расселяется в ближайшие притоки. Все участки обитания мальков различаются по гидрологическому режиму, трофике и температуре. Это определяет разную степень упитанности сеголеток, обитающих даже в одном биотопе. Известно, что переход личинок от желточного к экзогенному питанию в значительной степени связан с

их выживаемостью и численностью популяций. Именно на данном этапе развития как в естественных, так и в искусственных условиях наблюдается наибольший отход личинок [Кзаков, 1982]. Липиды, как наиболее важные энергетические и структурные компоненты, имеют особое значение в адаптации рыб на ранних этапах развития. Более того, липидный статус является показательным критерием, отражающим физиологическое состояние как отдельных особей, так и популяции в целом [Крепс, 1981; Pavlov et al., 2009].

Цель настоящей работы – оценка липидного, в том числе жирнокислотного, статуса двух групп молоди (из одного биотопа), различающихся размерно-весовыми характеристиками и степенью упитанности.

Выявленные вариации липидного и жирнокислотного состава у сеголеток (0+) лосося, различающихся упитанностью, из разных микробиотопов побережья р. Варзуга являются отражением влияния ряда трофо-экологических и гидрологических факторов, а также рассматриваются как один из возможных аспектов, влияющих на формирование фенотипических группировок молодежи атлантического лосося. Скорость роста сеголеток является фенотипической реакцией на качественный состав пищи, на ее доступность.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Мальков отлавливали с помощью аппарата электролова (Fa-2) норвежского производства в русле р. Варзуги в начале июля при температуре 17,8–18,2 °С. После отлова для снятия эффекта воздействия электромагнитного поля, мальков выдерживали в течение суток в русловых садках. Гидрологические условия прибрежного биотопа в местах отлова (микробиотопы) приведены в табл. 1. Микробиотопы отличаются абиотическими переменными – глубиной, скоростью течения, характером субстрата.

По степени упитанности сеголетки были сгруппированы в три пробы “упитанных” (со средним весом 0,243 г и длиной 2,83 см) и три пробы “тощих” рыб (со средним весом 0,177 г и длиной 2,49 см). Каждая проба включала по 10 особей (см. табл. 1).

Липидный статус мальков оценивали по содержанию общих липидов (ОЛ), триацилглицеринов (ТАГ), фосфолипидов (ФЛ), холестерина (ХС), эфиров холестерина (ЭХС), а также жирных кислот суммарных липидов.

Образцы фиксировали небольшим количеством этилового спирта (96 %) с добавлением 0,001 % антиоксиданта ионола и тщательно измельчали, затем доливали смесь хлороформ : метанол (2 : 1, по объему) и хранили до анализа на холоде. Липиды экстрагировали по методу Фолча [Folch et al., 1957]. Выделенные общие липиды (ОЛ) сушили до постоянного веса в эксикаторе над фосфорным ангидридом (P₂O₅) в холодильной камере (до 4 °С). Обезжиренный остаток (ОО), включающий белки, углеводы, нуклеиновые кислоты, аминокислоты и микроэлементы сушили до постоянного веса при комнатной температуре. Общие липиды разделяли на тонкослойных хроматографических пластинках “Silufol” (Kavalier, Чехия) в системе растворителей – петролейный эфир : серный эфир : уксусная кислота (90 : 10 : 1) на липидные фракции: фосфолипиды (ФЛ), триацилглицерины (ТАГ), холестерин (ХС), эфиры холестерина (ЭХС). Содержание фосфолипидов, триацилглицеринов и эфиров холестерина определяли гидроксаматным методом [Сидоров и др., 1972], холестерина – по реакции с окрашенным реагентом [Engelbrecht et al., 1974], и выражали в процентах от массы сухого вещества пробы (ОЛ + ОО).

Содержание жирных кислот общих липидов определяли методом газожидкостной хро-

Т а б л и ц а 1

Характеристики микробиотопов и размерно-весовые показатели сеголеток атлантического лосося *Salmo salar* из прибрежных фенотипических группировок р. Варзуги

Показатель	Степень упитанности мальков, № пробы					
	“упитанные”			“тощие”		
	1	2	3	4	5	6
Температура воды, °С	18,2	18,0	18,0	17,9	17,9	17,8
Скорость течения, м/с	0,9–1,2	0,8–1,2	0,9–1,1	0,5–0,7	0,5–0,7	0,5–0,8
Глубина, м	0,20–0,45	0,20–0,45	0,20–0,45	0,40–0,65	0,40–0,75	0,40–0,65
Тип грунта*	г, вм, вс	г, вм, вс	г, вм, вс	вм, вс, вк	вм, вс, вк	вм, вс, вк
Длина тела, см	2,80 ± 0,21	2,81 ± 0,19	2,85 ± 0,15	2,5 ± 0,35	2,48 ± 0,12	2,5 ± 0,12
Масса тела, г	0,24 ± 0,03	0,24 ± 0,02	0,25 ± 0,02	0,18 ± 0,03	0,17 ± 0,03	0,18 ± 0,02
Число рыб, экз.	10	10	10	10	10	10

* Тип грунта: г – галька, вм – валун мелкий, вс – валун средний, вк – валун крупный.

матографии в виде метиловых эфиров после прямой эстерификации в метаноле [Цыганов, 1971]. 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. В качестве внутреннего стандарта использовали бегеновую кислоту (22:0) [Новак, 1978].

Экспериментальные работы выполнены с использованием оборудования ЦКП Института биологии КарНЦ РАН.

Достоверность различий оценивали с помощью непараметрического критерия различий U – Уилкоксона – Манна – Уитни [Гублер, Генкин, 1969].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Показано, что средний вес мальков из сравниваемых двух групп “упитанных” и “тощих” различался в 1,4 раза, однако доля общих липидов равнялась 13,02 и составляла 13,64 % от сухой массы (табл. 2). По уровню ФЛ и ТАГ (4,6 и 4,4 %, соответственно) “упитанные” и “тощие” (4,7 % и 4,3 % соответственно) особи достоверно не различались, однако показатель ТАГ/ФЛ был несколько выше у более “упитанных” сеголеток (0,98 против 0,92 – у “тощих”). Из установленных различий следует отметить повышенное содержание ХС (4,2 % сухой массы) и, как следствие, – показателя ХС/ФЛ

Т а б л и ц а 2

Содержание общих липидов и их липидных классов (% сух. массы) у сеголеток разной упитанности

Липиды	“Упитанные”	“Тощие”
ОЛ	13,01	13,6
ФЛ	4,63	4,7
ТАГ	4,43	4,3
ХС	3,33	4,2*
ЭХС	0,62	0,5
ХС/ФЛ	0,73	0,9*
ТАГ/ФЛ	0,98	0,92

* Достоверность различий между группами 95 % ($p < 0,05$).

(0,91) у “тощих” сеголеток по сравнению с “упитанными” особями, у которых данные значения составляли 3,3 % и 0,73 соответственно.

Одной из причин более высокого содержания ХС у “тощих” сеголеток может быть повышенное поступление его с кормом. Известно, что при увеличении уровня ХС в биомембранах проявляются его антиоксидантные свойства, которые выражаются в снижении ригидности бислоя, тем самым замедляются протекающие там биохимические реакции [Галкина, 2004]. У более “упитанных” сеголеток установлена прямая корреляция более низкого содержания ХС, показателя ХС/ФЛ с повышенным значением отношения 16:0/18:1(n-9), что отражает интенсивность обмена липидов (табл. 2, 3). Снижение ХС в тканях является одним из механизмов уменьшения вязкости биомембран, индуцирующее активность мембраносвязанных ферментов, повышение их ионной проницаемости. Определяющее значение имеет соотношение структурных липидов ХС/ФЛ, их незначительное отклонение от оптимального уровня вызывает существенные изменения микровязкости биомембран [Лопухин и др., 1985; Рабинович и др., 2007; Hochachka, Somero, 2002].

Общая обеспеченность жирными кислотами, и, в частности, ПНЖК, достаточно высокая у обеих групп (46,9 и 45,9 % от суммы ЖК), различия между ними количественно невелики, хотя статистически значимы. Кроме того, именно “тощие” мальки по сравнению с “упитанными” характеризуются незначительным, но повышенным содержанием суммарных ПНЖК за счет семейства (n-3) длинноцепочечных – докозагексаеновой 22:6(n-3) и докозапентаеновой 22:5(n-3) кислот. Полученные результаты показывают, что “тощие” особи отличаются повышенной скоростью процессов элонгации и десатурации длинноцепочечных ЖК (n-3) семейства, о чем свидетельствует превалирующая у них доля 22:6(n-3) кислоты, которая играет особую роль, как у рыб, так и у других животных, увеличивая ненасыщенность липидов биомембран, способствуя активации мембраносвязанных ферментов [Рабинович, Рипатти, 1994; Tocher, 2003]. У “тощих” сеголеток

Состав и содержание жирных кислот общих липидов (% суммы ЖК) у сеголеток разной упитанности

Жирные кислоты	“Упитанные”	“Тощие”
Миристиновая 14:0	1,2	1,3
Пальмитиновая 16:0	15,7	16,5 *
Стеариновая 18:0	7,2	7,2
Пальмитолеиновая 16:1(n-7)	5,2	5,4
Олеиновая 18:1(n-9)	20,8	20,1
Линолевая 18:2(n-6)	2,2	2,7*
Арахидоновая 20:4(n-6)	1,3	1,6
Линоленовая 18:3(n-3)	1,8	3,2*
Эйкозапентаеновая 20:5(n-3)	10,4	10,5
Докозапентаеновая 22:5(n-3)	5,3	4,7
Докозагексаеновая 22:6(n-3)	25,4	22,8**
Сумма насыщенных ЖК	25,2	26,6*
Сумма моноеновых ЖК	27,9	27,6
Сумма (n-6) ПНЖК	3,9	4,6
Сумма (n-3) ПНЖК	42,9	41,2**
Сумма ПНЖК	46,9	45,9*
Сумма ЖК	100,0	100,0
Сумма (n-6)/Сумма (n-3)	0,09	0,11*
18:3(n-3)/18:2(n-6)	0,80	1,15*
16:0/18:1(n-9)	0,76	0,82

* Достоверность различий между группами 95 % $p < 0,05$. ** Достоверность различий между группами 99 % ($p < 0,01$).

по сравнению с “упитанными” повышенное содержание суммарных ПНЖК, в основном за счет 22:6(n-3) кислоты прямо коррелировало с более высоким уровнем ХС и показателем ХС/ФЛ, что является одним из путей регуляции жидкостиности биомембран в изменяющихся условиях среды. Количественные различия по данным липидным параметрам у сеголеток разной степени упитанности могут быть вызваны не только пищевым спектром, но и разными температурными условиями, гидрологическим режимом (скорость течения, глубина, тип грунта) и, как следствие, модификацией биомембран (см. табл. 1–3). Подобная корреляция ранее была установлена для беломорской сельди *Clupea pallasii maralbi* Berg из Белого моря [Murzina et al., 2013]. При этом способность конверсии эссенциальной 18:3(n-3) в 20:5(n-3) и 22:6(n-3) кислоты у пресноводных рыб может лимитироваться присутствием определенного уровня диетарных 20:5(n-3) и 22:6(n-3) кислот.

Показано, что если в рационе рыб содержание 18:2(n-6) и 18:3(n-3) кислот превышает 5,0 %, то они могут накапливаться в тканевых липидах в неизменном виде с незначительными превращениями [Reiser et al., 1963]. В более ранних исследованиях [Lee et al., 1967] отмечался некоторый отрицательный эффект влияния высокого уровня 18:2(n-6) кислоты в искусственном корме на физиологическое состояние (замедление роста) у форели на ферме. Это подтвердилось и в нашей работе, в которой установлена прямая корреляция относительно более высокого содержания (до 8,0 % от суммы ЖК) 18:2(n-6) кислоты с более низкими размерно-весовыми характеристиками у прибрежных сеголеток лосося по сравнению с таковыми из притоков р. Варзуга [Павлов и др., 2008]. В настоящем исследовании обнаружена корреляция содержания линолевой 18:2(n-6) и линоленовой 18:3(n-3) кислот со степенью упитанности рыб, причем каждая из них не превышала

3,2 % от суммы ЖК. У более упитанных сеголеток по сравнению с “тощими” превалировал уровень 18:2(n-6) и особенно 18:3(n-3) кислот (в 1,2 и 1,8 раза соответственно) (см. табл. 3). У группировки “тощих” мальков отмечен более низкий показатель 18:3(n-3)/18:2(n-6) ЖК, который составлял 0,8, тогда как у “упитанных” он равнялся 1,15. Незаменимые кислоты в организме рыб не синтезируются, наличие их в липидах зависит только от поступления с кормом [Sargent et al., 1995]. Известно, что кислоты (n-3) семейства накапливаются у рыб благодаря потреблению ими, в основном, фитопланктона и водорослей [Гладышев и др., 2005; Budge, Parrish, 1998; Falk-Petersen et al., 2000; Parrish, 2009]. При этом, у некоторых видов наземных насекомых установлен повышенный уровень (до 22 % от суммы ЖК) короткоцепочечных ПНЖК – 18:2(n-6) и 18:3(n-3), что связывают с синтезом *de novo* [Downer, 1985]. В прилегающих к побережью реки Варзуга, полосках заливных лугов возникают условия для массового развития наземных насекомых, которые составляют существенную часть биомассы дрефта беспозвоночных и оцениваются как наиболее доступный и привлекательный корм для сеголеток лосося [Шустов, 1995], что вносит дополнительный пул в их кормовой спектр и влияет на ЖК состав липидов организма.

Различие в уровне 18:2(n-6) и 18:3(n-3) кислот между группировками сеголеток разной упитанности, возможно, связано с вариациями в выборе кормовых объектов разного видового спектра, их соотношением, доступностью и эффективностью усвоения. Пищевой спектр особей в пределах одной возрастной группы может различаться, так как существует корреляция между размерами рыб и кормовых объектов [Шустов, 1995]. Каким образом эти особенности влияют на упитанность молоди, объяснить в настоящее время затруднительно и для этого требуются дополнительные исследования.

Большое значение для выживания личинок имеет оптимальное соотношение 18:2(n-6) и 18:3(n-3) кислот в липидах, определяемое, в основном, жирнокислотным составом кормовых объектов, а также способностью самого организма модифицировать его в зави-

симости от физиологического состояния и условий существования. Однако недостаток незаменимых ЖК (особенно 18:3(n-3) кислоты) и сдвиг оптимального соотношения (n-3)/(n-6) в пище некоторых видов рыб оказывает негативное воздействие, при этом отмечается низкая эффективность потребляемой пищи, что оказывает влияние на рост рыб, репродуктивную систему, снижение коэффициента оплодотворения икры и выживаемости рыб [Castell et al., 1972; Tishio, Seok-Joong, 1989; Meinelt et al., 1999; Arts, Kohler, 2009]. Известно, что при кормлении рационами, с повышенным соотношением (n-3)/(n-6) ПНЖК коэффициент оплодотворения возрастал у данио и бестера [Абросимова и др., 1999; Meinelt et al., 1999].

Таким образом, у сеголеток лосося в разных трофо-экологических условиях обнаружены специфические особенности модификации липидных и жирнокислотных спектров, что, в конечном счете, влияет на упитанность молоди лосося.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основное отличие “упитанных” сеголеток от “тощих”, обитающих в одном биотопе р. Варзуга, по ЖК статусу заключается в более высоком содержании линоленовой 18:3(n-3), линолевой 18:2(n-6) кислот и показателей 18:3(n-3)/18:2(n-6) ЖК, (n-6)/(n-3) ПНЖК и в сравнительно пониженном уровне докозагексаеновой 22:6(n-3) кислоты, холестерина и показателя ХС/ФЛ. Полученные результаты свидетельствуют о качественном разнообразии спектров питания и доступности корма в одном биотопе, что и обуславливает особенности метаболических процессов у исследуемых группировок сеголеток лосося.

Выявленная разнокачественность по холестерину и жирнокислотным спектрам у сеголеток лосося с разной степенью упитанности свидетельствует о различиях в скоростях биохимических реакций синтеза и модификации липидов и жирных кислот, обусловленных фенотипическим разнообразием. Также можно полагать, что у сеголеток лосося проявляются некоторые особенности

генетически детерминированных процессов биосинтеза и модификации отдельных ЖК, например докозагексаеновой 22:6(n-3) кислоты.

Работа выполнена при поддержке грантов Программы Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (НШ-1410.2014.4), РФФИ (14-04-00473-а), Программы фундаментальных исследований Президиума РАН “Живая природа: современное состояние и проблемы развития”, ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России”, соглашение № 8050.

ЛИТЕРАТУРА

- Абросимова Н. А., Бирюкова А. А., Марадуда А. Ю. Зависимость оплодотворяемости икры бестера от ее биохимического состава // Проблемы соврем. товарного осетроводства: тез. докл. 1-й науч.-практ. конф. Астрахань, 1999. С. 102–103.
- Галкина О. В. Особенности свободнорадикального окисления липидов в ЦНС и участие гормонов в регуляции этого процесса // Биохимические и молекулярно-биологические основы физиологических функций. Нервная система. / под ред. Н. Д. Ещенко, Е. Г. Скворцевича СПб.: Санкт-Петерб. ун-т. Вып. 37. С. 3–17.
- Гладышев М. И., Сушик Н. Н., Кравчук Е. С., Иванова Е. А., Агеев А. В., Калачева Г. С. Сезонная динамика запасов незаменимых полиненасыщенных жирных кислот в биомассе фито- и зообентоса на литоральной станции реки Енисей // Докл. АН. 2005. Т. 403, № 2. С. 277–278.
- Гублер Е. В., Генкин А. А. Применение критериев непараметрической статистики для оценки различий двух групп наблюдений в медико-биологических исследованиях. М.: Медицина, 1969. 29 с.
- Казаков Р. В. Биологические основы разведения атлантического лосося. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. 144 с.
- Крепс Е. М. Липиды клеточных мембран. Эволюция липидов мозга. Адаптационная функция липидов. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1981. 339 с.
- Лопухин Ю. М., Арчаков А. И., Владимиров Ю. А., Коган Э. М. Холестериноз. М.: Медицина, 1985. 350 с.
- Новак И. Количественный анализ методом газовой хроматографии. М.: Мир, 1978. 180 с.
- Павлов Д. С., Нefeldова З. А., Веселов А. Е., Немова Н. Н., Руоколайнен Т. Р., Васильева О. Б., Рипатти П. О. Липидный статус сеголеток атлантического лосося *Salmo salar* из разных микробиотопов реки Варзуга // Вопр. ихтиологии. 2008. Т. 48, № 5. С. 679–685.
- Рабинович А. Л., Корнилов В. В., Балабаев Н. К., Леермакерс Ф. А. М., Филиппов Ф. В. Свойства бислов ненасыщенных фосфолипидов: влияние холестерина // Биологические мембраны. 2007. Т. 24, № 6. С. 490–505.
- Рабинович А. Л., Рипатти П. О. Полиненасыщенные углеводородные цепи липидов: структура, свойства, функции // Успехи совр. биологии. 1994. Т. 114, вып. 5. С. 581–591.
- Сидоров В. С., Лизенко Е. И., Болгова О. М., Нefeldова З. А. Липиды рыб. 1. Методы анализа. Тканевая специфичность липидов ряпушки *Coregonus albula* L. // Лососевые (Salmonidae) Карелии: сб. науч. тр. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР. 1972. С. 150–163.
- Цыганов Э. П. Метод прямого метилирования липидов после ТСХ без элюирования с силикагеля // Лаб. дело. 1971. № 8. С. 490–493.
- Шустов Ю. А. Экологические аспекты поведения молоди лососевых рыб в речных условиях. СПб.: Наука, 1995. 161 с.
- Arts M. T., Kohler C. C. Health and condition in fish: the influence of lipids on membrane competency and immune response // Lipids in aquatic ecosystems / eds. M. T. Arts, M. T. Brett, M. J. Kainz. Springer, 2009. 378 p.
- Budge S.M., Parrish C. C. Lipid biogeochemistry of plankton, settling matter and sediments in Trinity Bay, Newfoundland. II. Fatty acids. // Organic Geochemistry. 1998. Vol. 29. P. 1547–1559.
- Castell J. D., Sinnhuber R. O., Wales J. H., Lee D. J. Essential fatty acid requirement of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*): growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms // J. of nutrition. 1972. N 102. P. 77–86.
- Downer R. G. H. Lipid metabolism // Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology (Biochemistry). 1985. Vol. 10. P. 77–113.
- Engelbrecht F. M., Mari F., Anderson J. T. Cholesterol determination in serum. A rapid direction method // South Afr. Med. J. 1974. Vol. 48, N 7. P. 250–356.
- Falk-Petersen S., Hagen W., Kattner G., Clarke A., Sargent J. Lipids, trophic relations, and biodiversity in Arctic and Antarctic krill // Can. J. of Fish. Aquat. Sci. 2000. Vol. 57, N 3. P. 178–191.
- Folch J., Lees M., Sloane Stanley G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. 1957. Vol. 226, N 5. P. 497–509.
- Hochachka P. W., Somero G. N. Biochemical adaptation: mechanism and process in physiological evolution. Oxford University press, 2002. 466 p.
- Lee D. J., Roehm J. N., Yu T. C., Sinnhuber R. O. Effect of ω 3 fatty acids on the growth rate of rainbow trout, *Salmo gairdneri* // J. of Nutrition. 1967. N 92. P. 93–98.
- Meinhelt T., Schulz C. et al. Dietary fatty acid composition influences the fertilization rate of zebrafish (*Danio rerio* Hamilton-Buchanan) // J. Appl. Ichthyol. 1999. Vol. 15, N. 1. P.19–23.
- Murzina S. A., Nefeldova Z. A., Nemova N. N., Ripatti P. O., Pekkoeva S. N. Specific fatty acid status in the White Sea herring from different Bays of the White Sea in regard to ecological factors: role of fatty acids in ecological and biochemical adaptations of fishes in sub-Arctic // “BIONATURE 2013, The Fourth International Conference on Bioenvironment, Biodiversity and Renewable Energies”. P. 9–12.
- Parrish C. C. Essential fatty acids in aquatic food webs // Lipids in aquatic ecosystems / eds M. T. Arts, M. T. Brett, M. J. Kainz. Springer, 2009. 378 p.
- Pavlov D. S., Nefeldova Z. A., Veselov A. E., Nemova N. N., Ruokolainen T. P., Vasil'eva O. B., Ripatti P. O. Age dynamics of lipid status of juveniles of Atlantic

- salmon (*Salmo salar* L.) from the Varzuga river // J. Ichthyol. 2009. Vol. 49, N 11. P. 1073–1080.
- Reiser R., Stevenson B., Kayama M. et al. The influence of dietary fatty acid and environmental temperature on the fatty acid composition of teleost fish // J. Amer. Oil Chemists' Soc. 1963. Vol. 40. P. 507–513.
- Sargent J. R., Bell J. G., Bell M. V. et al. Dietary origins and functions of long-chain (n-3) polyunsaturated fatty acids in marine fish // J. Marine Biotechnol. 1995. N 3. P. 26–28.
- Tishio T., Seok-Joong K. Effects of environmental salinity on lipid classes and fatty acid composition in gills of Atlantic salmon // Bul. of the Japan. Soc. for the Sci. of Fish. 1989. Vol. 55. N 8. P.1395–1405.
- Tocher D.R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish // Rev. in Fisheries Sci. 2003. Vol. 11, N 2. P. 107–184.

Heterogeneity of Lipids and Fatty Acids of Fingerlings of the Atlantic Salmon *Salmo Salar* L. Different in Weight and Size

Z. A. NEFEDOVA, S. A. MURZINA, A. E. VESELOV, P. O. RIPATTI, N. N. NEMOVA

*Institute of Biology, Karelian Research Centre RAS
185910, Petrozavodsk, Pushkinskaya str., 11
E-mail: murzina.svetlana@gmail.com*

Lipid and fatty acid spectrum of the fingerlings of the Atlantic salmon distinguished by weight and size characteristics, and the degree of fatness was investigated. Heterogeneity of fatty acids in the studied groups of fingerlings was shown, indicating the differences in biochemical reactions, synthesis and modification of lipids and fatty acids due to phenotypic diversity. Peculiarities of the metabolic processes in the studied groups of salmon fingerlings were connected with the broad variety of nutrition and availability of food in the biotope.

Key words: Atlantic salmon, lipids, fatty acids, ontogenesis.

