

Жирнокислотный статус пресноводной и морской форм молоди кумжи (*Salmo trutta* L.)

С. А. МУРЗИНА, З. А. НЕФЕДОВА, С. Н. ПЕККОЕВА, А. Е. ВЕСЕЛОВ, М. А. РУЧЬЕВ, Н. Н. НЕМОВА

Институт биологии, обособленное подразделение ФИЦ «КарНЦ РАН»
185910, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
E-mail: murzina.svetlana@gmail.com

Статья поступила 18.10.2017

Принята к печати 10.12.2017

АННОТАЦИЯ

На фоне отсутствия различий по качественному и количественному составу жирных кислот основных классов и их семейств между пресноводной формой молоди кумжи (р. Орзег бассейна Онежского озера) и ее морской формой (р. Индера бассейна Белого моря) выявлены различия в степени конвертации пищевых 18:2 ω -6 и 18:3 ω -3 жирных кислот в более длинноцепочечные физиологически активные – арахидоновую 20:4 ω -6 и докозагексаеновую 22:6 ω -3 кислоты. Пресноводная форма молоди кумжи (пестрятки возраста 3+) из р. Орзег отличалась более высоким индексом конвертации 20:4 ω -6/18:2 ω -6. У проходной морской формы (смолты возраста 4+) из р. Индера повышен показатель конвертации эссенциальных 22:6 ω -3/18:3 ω -3, а также индекс отношения суммарных полиненасыщенных жирных кислот ω -3/ ω -6 семейств, который положительно коррелирует с более высокими размерно-весовыми характеристиками этих особей.

Ключевые слова: молодь кумжи, экологические формы, жизненная стратегия, липиды, жирные кислоты.

Кумжа *Salmo trutta* L. относится к семейству лососевых видов рыб (Salmonidae), широко распространена в пресных водоемах Кольского полуострова. Она является высоко лабильным по различным признакам видом, образует несколько форм: жилую, проходную – морскую и озерную, а также гибридную [Барач, 1962; Павлов, Савваитова, 2008]. Озерная кумжа занесена в Красную книгу Российской Федерации [2001].

Как и у атлантического лосося, *Salmo salar* L. [Казаков, 1998] для кумжи показано, что в каждой реке обитает своя популяция, причем при наличии притоков возникает субпопуляционная структура, состоящая из особей жилых и проходных форм [Артамонова,

Махров, 2015]. Весной молодь кумжи в возрасте 3+ и/или 4+ при достижении размеров 12–17 см и повышении температуры до +11–12 °С, завершает речной период развития и начинает миграцию из нерестовых рек в море (морская форма) или озеро (пресноводная форма). Таким образом, проходная форма нагуливается в эстуариях рек, впадающих в море или озеро, и происходит полная смена условий обитания с пресноводного на морской.

Некоторая часть молоди не мигрирует, образуя жилую форму, которая нерестится и нагуливается только в реках или эстуариях рек (притоки), впадающих в пресноводные озера. Следует отметить, что производители проходной и жилой формы могут образовать

единое нерестовое стадо [Барач, 1952; Павлов, Савваитова, 2008; Pavlov et al., 2010].

Миграционное состояние молоди зависит от ее темпа роста в реке, который определяется сроками нагула при оптимальных температурах и с учетом климатических особенностей региона (географической зональности). Обеспеченность рыб пищей напрямую определяет различия в росте. Молодь кумжи питается преимущественно реофильными донными беспозвоночными, а также личинками и куколками воздушных и наземных насекомых [Elliot, 1967; Allan, 1978; Dosdat et al., 1997; Шустов и др., 2008; Descroix et al., 2010].

Смолтифицирующая молодь старших возрастных групп (3+ и 4+) постепенно скатывается в конец порога или переката, образуя предмиграционные стаи. В этот период происходят физиолого-биохимические, морфологические и поведенческие изменения, определяющие выбор жизненной стратегии, связанной с образованием жилых форм или с миграцией молоди в морскую и озерную среду обитания [Казаков, Веселов, 1998; Павлов и др., 2001; Stefansson et al., 2008; Pavlov et al., 2010; Björnsson et al., 2011; Bystriansky, Schulte, 2011].

У смолтов происходят изменения эндокринной и Na^+ , K^+ -АТФ-азной активности, связанные с обретением способности к осморегуляции в морской среде [Wedemeyer et al., 1980; Sundell, Sundh, 2012], увеличивается жировой и азотистый обмен [Tjpsmark et al., 2010], изменяется степень активности метаболических превращений (конвертация) эссенциальных 18:3 ω -3 и 18:2 ω -6 жирных кислот (ЖК) в более длинноцепочечные физиологически значимые 22:6 ω -3 и 20:4 ω -6 полиненасыщенные ЖК (ПНЖК), которые типичны для морских рыб [Dosdat et al., 1997; Tocher et al., 2000; Jutfelt et al., 2007; Немова и др., 2015].

У лососевых видов рыб северных широт, эволюционно адаптированных к низким температурам, высокий уровень ПНЖК генетически детерминирован, при этом существует различие в содержании ПНЖК ω -3 и ω -6 семейств между морской и пресноводной популяциями [Pickova et al., 1998; Yan, 2016].

В настоящей работе с целью выявления сходства и различий между пресноводной и морской формами молоди кумжи (*Salmo trutta* L.) в летний период провели сравнитель-

ное исследование состава и содержания жирных кислот общих липидов у смолтов проходной морской формы кумжи из р. Индера (бассейн Белого моря) и у готовых к миграции пестряток пресноводной формы кумжи из р. Орзег (бассейн Онежского озера).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Река Индера относится к бассейну Белого моря, расположена на Терском берегу Кольского полуострова, берет начало из оз. Индерское (66°19'41,53" с. ш., 37°23'41,9" в. д.) и впадает в Белое море (66°14'32,84" с. ш., 37°08'39,11" в. д.). На порогах и перекатах расположены наиболее продуктивные нерестово-выростные участки, на которых обитает молодь кумжи и лосося [Калюжин, 2004]. В р. Индера скат смолтов в море начинается в июне при достижении температуры воды 12 °С и продолжается 2–3 недели.

Река Орзег – типичный кумжевый водоток, располагается по западному берегу Онежского озера. Водоток берет начало в болотисто-лесной местности (61°38'27,48" с. ш., 34°27'43,23" в. д.) и впадает в Онежское озеро (61°38'48,33" с. ш., 34°35'31,41" в. д.). В р. Орзег обитает жилая и проходная (озерная) формы кумжи. Проходная кумжа нагуливается в прибрежных участках Онежского озера, недалеко от эстуария, жилая – в реке. Активное питание кумжи начинается, когда температура воды достигнет 11–12,5 °С.

Вылов и исследования кумжи проводили в соответствии с разрешением Федерального агентства по рыболовству Баренцево-Беломорского территориального управления № 51 2016 03 0166, а также в соответствии с разрешением Росприроднадзора № 65 (молодь из р. Орзег). Смолтов (возраст 4+) кумжи из р. Индера и пестряток (возраст 3+) из р. Орзег отлавливали в летний сезон (июнь, при температуре воды 12–14 °С) с помощью ловушки мережного типа и электролова ранцевого типа (Fa-2, Норвегия) с подобранным падающим режимом воздействия тока. После электролова, для акклимации, молодь в течение суток выдерживали в русловых садках для лимитирования эффекта действия тока.

Молодь рыб взвешивали в полевых условиях. Пробы молоди рыб, тушки фиксировались отдельно, гомогенизировали в неболь-

шом количестве этилового спирта (96 %), затем заливали смесью хлороформ : метанол (2 : 1) и хранили при температуре +4 °С до анализа. Липиды экстрагировали и очищали по методу Фолча [Folch et al., 1957], концентрировали досуха с помощью роторно-вакуумной установки. Затем проводили метанолиз жирных кислот общих липидов [Цыганов и др., 1971]. После метанолиза жирные кислоты в виде метиловых эфиров разделяли и идентифицировали методом газожидкостной хроматографии с применением хроматографа “Кристалл 5000.2” с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) (ЗАО “ХРОМАТЭК”, Йошкар-Ола, Россия). В качестве внутреннего стандарта использовали бегеновую кислоту (22:0) (Sigma Aldrich, USA). Идентификацию ЖК осуществляли сравнением хроматографических подвижностей, имеющих на хроматограмме пиков (времени удерживания и логарифмических индексов) с таковыми для стандартных ЖК, при этом использовали стандартные растворы метиловых эфиров жирных кислот (Sigma Aldrich, USA) при помощи компьютерной программы по обработке хроматограмм “Хроматэк Аналитик”.

Достоверность различия средних величин оценивали методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Статистические распределения, составленные из значений параметров, рассчитанных для рыб из двух исследованных рек, сравнивали с нормальным распределением по критерию χ^2 [Ивантер, Коросов, 2003].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты проведенных исследований представлены в таблице. Изучение ЖК-статуса общих липидов молоди кумжи (смолты возраста 4+ из р. Индера и пестрятки 3+ из р. Орзег) из двух водоемов, географически удаленных друг от друга, показало высокое и достоверно неразличающееся содержание ПНЖК (41,24 и 42,95 % от суммы ЖК соответственно). В них преобладали жирные кислоты ω -3 семейства (24,83 и 24,18 % от суммы ЖК соответственно), количество ЖК ω -6 семейства оказалось меньше ($p \leq 0,05$) (16,00 и 17,39 % от суммы ЖК соответственно).

Различий в содержании эссенциальных линолевой 18:2 ω -6 (10,26 и 10,24 % от суммы

Состав и содержание основных жирных кислот общих липидов (% суммы ЖК) у молоди кумжи *Salmo trutta* из рек Индера и Орзег

Показатель	р. Индера	р. Орзег
Вес, г	75,0 ± 0,70	27,50 ± 1,60*
Длина, см	20,6 ± 0,84	13,86 ± 0,24*
14:0	1,53 ± 0,15	1,62 ± 0,13
16:0	15,41 ± 0,32	14,95 ± 0,36
18:0	5,46 ± 0,33	5,69 ± 0,08
20:0	1,29 ± 0,21	1,91 ± 0,19
ΣНЖК	24,70 ± 0,68	25,41 ± 0,27
16:1 ω -7	8,33 ± 1,04	5,12 ± 0,41*
18:1 ω -9	17,98 ± 1,19	19,53 ± 0,52
18:1 ω -7	5,36 ± 0,35	3,39 ± 0,25*
ΣМНЖК	33,74 ± 2,56	31,35 ± 1,15
18:2 ω -6	10,26 ± 1,05	10,24 ± 0,51
20:4 ω -6	3,04 ± 0,50	3,83 ± 0,23
Σ ω -6ПНЖК	16,00 ± 1,21	17,39 ± 0,41
18:3 ω -3	5,07 ± 0,38	6,48 ± 0,19
20:5 ω -3	4,67 ± 0,42	3,61 ± 0,30
22:5 ω -3	1,73 ± 0,20	1,15 ± 0,09
22:6 ω -3	10,90 ± 1,81	10,26 ± 1,07
Σ(n-3) ПНЖК	24,83 ± 1,96	24,18 ± 1,31
ΣПНЖК	41,24 ± 2,21	42,95 ± 1,28
18:3 ω -3/18:2 ω -6	0,49 ± 0,08	0,64 ± 0,02*
Σ ω -3/Σ ω -6	1,61 ± 0,09	1,39 ± 0,09*
20:4 ω -6/18:2 ω -6	0,32 ± 0,06	0,43 ± 0,02*
22:6 ω -3/18:3 ω -3	2,34 ± 0,11	1,92 ± 0,14*
16:0/18:1 ω -9	0,89 ± 0,08	0,77 ± 0,03*
ΣПНЖК/ΣНЖК	1,67 ± 0,02	1,69 ± 0,02

Примечание. НЖК – насыщенные жирные кислоты, МНЖК – мононенасыщенные жирные кислоты, ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты; * – различия достоверны между видами ($p \leq 0,05$).

ЖК) и линоленовой 18:3 ω -3 жирных кислот (5,07 и 6,48 % от суммы ЖК) и их метаболитических производных (длинноцепочечных полиненасыщенных арахидоновой 20:4 ω -6 и докозагексаеновой 22:6 ω -3 кислот соответственно) у молоди кумжи из разных рек не установлено. При этом обнаружено достоверное различие ($p \leq 0,05$) в коэффициентах 20:4 ω -6/18:2 ω -6 и 22:6 ω -3/18:3 ω -3, что, возможно, свидетельствует о разной степени конвертации 18:2 ω -6 и 18:3 ω -3 ЖК, имеющих пищевое происхождение, но их количество также может лимитироваться присутствием повышенного уровня диетарных ω -6 и ω -3 ПНЖК. Следует отметить, что первый из коэффициентов выше у молоди из р. Орзег, а второй – из р. Индера, что свидетельствует о разной степени активности системы фер-

ментов элонгации/десатурации при конвертации (пищевых) предшественников в 20:4 ω -6 и 22:6 ω -3 кислоты.

Обнаружено, что коэффициент 18:3 ω -3/18:2 ω -6 и отношение суммарных ПНЖК семейств ω -3/ ω -6 у молоди (смолты 4+) из р. Индера выше ($p \leq 0,05$), чем у таковой (пестрятки, 3+) из р. Орзega (1,61 и 1,39 соответственно). Они также различаются ($p \leq 0,05$) интенсивностью обмена липидов, определяемой по отношению количества ЖК 16:0/18:1 ω -9.

ОБСУЖДЕНИЕ

В исследовании показано, что интенсивность конвертации линолевой 18:2 ω -6 ЖК в арахидоновую 20:4 ω -6 кислоту (20:4 ω -6/18:2 ω -6) оказалась выше у пресноводной молоди (перед миграцией из р. Орзega в Онежское озеро). Это свидетельствует о более высокой интенсивности данного процесса у молоди из р. Орзega, которую, вероятнее всего, можно объяснить повышенной потребностью организма пестряток (3+) кумжи в арахидоновой кислоте, необходимой для синтеза жизненно важных эндогормонов при подготовке к миграции в новую среду обитания. Известно, что полиненасыщенная арахидоновая 20:4 ω -6 кислота является источником физиологически активных внутриклеточных эндогормонов (простагландины, тромбоксаны, лейкотриены) – регуляторов физиологических процессов в организме [Sargent et al., 1995; Сергеева, Варфоломеева, 2006; Yanes-Rosa et al., 2009]. Например, изменение уровня простагландина F регулирует поступление Ca²⁺ в клетку, которое повышается в период смолтификации перед миграцией в морскую среду [Tocher et al., 2003]. У смолтов (4+) кумжи из р. Индера по сравнению с пестрятками (3+) из р. Орзega установлен иной механизм преадаптации с участием жирных кислот: более высокий показатель конвертации пищевой 18:3 ω -3 кислоты в более длинноцепочечные ПНЖК (22:6 ω -3/18:3 ω -3). Известно, что именно последние в значительной степени определяют вклад в жирнокислотный профиль липидов “морского” варианта и способствуют подготовке молоди к процессу смолтификации и миграции из пресноводной среды (река) в морскую среду [Tocher, 2003; Peng et al., 2003].

Следует отметить, что у исследованной молоди кумжи из двух пресноводных водотоков (реки Индера и Орзega) количество линолевой 18:2 ω -6 кислоты оказалось выше (в 1,6–2,0 раза), чем другой эссенциальной линоленовой 18:3 ω -3 кислоты, что может свидетельствовать о массовости, доступности и эффективности усвоения определенных видов кормовых объектов, наиболее богатых линолевой кислотой. В некоторых видах наземных насекомых данная кислота содержится в достаточно большом количестве. Доля “воздушной” фракции в составе корма бывает довольно значительной (до 30 % от общего количества дрифта), иногда она преобладает по численности над “водной”, что и влияет на питание молоди [Шустов, 1995]. Активное потребление мальками кумжи воздушных форм насекомых, сносимых на поверхность воды в большом количестве в малых реках и ручьях, скорее всего, и отразилось на повышенном содержании у молоди этой эссенциальной 18:2 ω -6 кислоты. В ранее проведенном исследовании липидного профиля зообентоса р. Орзega установлено повышенное количество 18:2 ω -6 кислоты (от 8,89 до 12,60 % от суммы ЖК) у большекрылых *Sialis fuliginosa*, ручейников *Integripalpia*, мошек Limoniidae (неопубл. данные). В р. Индера количество 18:2 ω -6 кислоты у отдельных видов макрозообентоса составляло от 2,53 до 9,35 % от суммы ЖК с наиболее высоким количеством (от 7,79 до 9,35 % от суммы ЖК) у долгоножек *Atherix* ssp., двукрылых *Tipula* ssp., веснянок *Diura bicaudata*, ручейников *Lepidostoma hirtum* [Воронин и др., 2016].

Для роста и развития молоди важное значение имеют оптимальное соотношение этих незаменимых пищевых кислот 18:3 ω -3/18:2 ω -6, соотношение суммарных ПНЖК семейств ω -3/ ω -6, которые имеют конкурентные пути их синтеза в процессе метаболизма [Youdim et al., 2000; Arts et al., 2009], а также отношение интенсивности обмена 16:0/18:1 ω -9 ЖК [Архипов, 1980]. Обнаружено, что отношение суммарных ПНЖК семейств ω -3/ ω -6 у молоди (смолты 4+) из р. Индера выше ($p \leq 0,05$), чем у таковой (пестрятки, 3+) из р. Орзega. Кроме того, исследованная молодь также различалась ($p \leq 0,05$) интенсивностью обмена липидов. Следует отметить, что крупные особи обладают более высокими

локомоторными показателями и лучшими возможностями для добывания корма. В более старших возрастных группах влияние конкуренции за пищу снижается [Новиков, 2000].

Обнаруженные различия в содержании и соотношении эссенциальных жирных кислот и их метаболитических производных у молоди кумжи (особенно мигрирующей) из разных водоемов связано не только с массовостью и доступностью кормовых объектов, наиболее богатых этими кислотами, но и с эффективностью их усвоения и модификацией (степенью активности ферментов элонгации/десатурации), а также с физиологической потребностью в данный период развития.

Различия между проходной (смолты, 4+) и пресноводной формами (пестрятки, 3+) кумжи из двух исследованных водотоков по индексам отношений ЖК, в том числе физиологически активных, указывают, по-видимому, на “включение” компенсаторных механизмов преадаптации, связанных со степенью готовности молоди к миграции в новую среду обитания.

Общность качественного и количественного состава жирных кислот основных классов и их семейств у двух исследованных форм особей кумжи, обитающих в реках Индера и Орзегга может указывать на генетическую детерминированность и видоспецифичность генома, определяющего эволюционный потенциал кумжи, за счет которого во многом возможна реализация экологической пластичности, о чем свидетельствуют обнаруженные в данном исследовании биохимические различия между формами молоди рыб на уровне индексов соотношений определенных жирных кислот.

Работа проведена с использованием научного оборудования центра коллективного пользования “КарНЦ РАН”. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда, проект № 14-24-00102.

ЛИТЕРАТУРА

- Артамонова В. С., Махров А. А. Генетические методы в лососеводстве и форелеводстве: от традиционной селекции до нанобиотехнологий. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2015. 128 с.
- Архипов А. В. Изменение обмена липидов у кур в онтогенезе // Сельскохозяйств. биол. 1980. Т. 15, № 5. С. 756–761.
- Барач Г. П. Значение ручьевого форели в воспроизводстве запасов черноморского лосося (кумжи) // Зоол. журн. 1952. Т. 31, вып. 6. С. 906–915.
- Воронин В. П., Мурзина С. А., Пеккоева С. Н. Жирнокислотный состав кормовых объектов макрозообентоса молоди лососевых рыб в реках европейского Севера // Актуальные проблемы биологии и экологии: мат-лы докл. XXIII Всерос. молодежной науч. конф. (с элементами научной школы) (4–8 апреля 2016 г., г. Сыктывкар). Сыктывкар, 2016. С. 57–59.
- Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию: учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. 302 с.
- Казаков Р. В., Веселов А. Е. Закономерности смолтификации атлантического лосося // Атлантический лосось / под ред. Р. В. Казакова. СПб.: Наука, 1998. С. 195–241.
- Калюжин С. М. Атлантический лосось Белого моря: проблемы воспроизводства и эксплуатации. Петрозаводск: ПетроПресс, 2004. 264 с.
- Красная книга Российской Федерации (животные). 2001. М.: АСТ Астрель, 862 с.
- Немова Н. Н., Нефедова З. А., Мурзина С. А. и др. Влияние экологических условий обитания на динамику жирных кислот у молоди атлантического лосося (*Salmo salar* L.) // Экология. 2015. № 3. С. 206–212.
- Новиков Г. Г. Рост и энергетика развития костистых рыб в раннем онтогенезе. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 296 с.
- Павлов Д. С., Савваитова К. А. К проблеме соотношения анадромии и резидентности у лососевых рыб (Salmonidae) // Вопр. ихтиологии. 2008. Т. 48, № 6. С. 810–824.
- Павлов Д. С., Савваитова К. А., Кузицин К. В. и др. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии. М.: Науч. мир, 2001. 200 с.
- Сергеева М. Г., Варфоломеева А. Т. Каскад арахидоновой кислоты. М.: Народное образование, 2006. 255 с.
- Цыганов Э. П. Метод прямого метилирования липидов после ТСХ без элюирования с силикагелем // Лабораторное дело. 1971. № 8. С. 490–493.
- Шустов Ю. А. Экологические аспекты поведения молоди лососевых рыб в речных условиях. СПб.: Наука, 1995. 161 с.
- Шустов Ю. А., Веселов А. Е., Барышев И. А. Питание молоди озерной кумжи *Salmo trutta* L. в реках бассейна Онежского озера в осенний период // Экология. 2008. № 2. С. 130–133.
- Allan J. D. Diet of brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchill) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in an alpine stream // Intern. Vereinig. Theor. und Angew. Limnol. 1978. Vol. 20, N 3. P. 2045–2050.
- 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.
- Björnsson B. T., Stefansson S. O., McCormick S. D. Environmental endocrinology of salmon smoltification // General and Comparative Endocrinol. 2011. Vol. 170. P. 290–298.
- Bystriansky J. S., Schulte P. M. Changes in gill H⁺-ATPase and Na⁺/K⁺-ATPase expression and activity during freshwater acclimation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) // J. Experim. Biol. 2011. N 214. P. 2435–2442.

- Descroix A., Desvillettes C., Bec A., Martin P., Bourdier G. Impact of macroinvertebrate diet on growth and fatty acid profiles of restocked 0+ Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr from a large European river (the Allier) // *Canad. Journ. Fisheries and Aquaculture Sci.* 2010. Vol. 67, N 4. P. 659–672.
- Dosdat A., Metailler R., Desbruyeres E., Huelvan C. Comparison of brown trout (*Salmo trutta*) reared in fresh water and sea water to freshwater rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): I. Growth and nitrogen balance // *Aquatic Living Res.* 1997. Vol. 10. P. 157–167.
- Elliot J. M. The food of trout (*Salmo trutta* L.) in a Dartmoor stream // *J. Appl. Ecol.* 1967. Vol. 4. P. 59–71.
- 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.
- Jutfelt F., Olsen R., Erik R. et al. Parr-smolt transformation and dietary vegetable lipids affect intestinal nutrient uptake, barrier function and plasma cortisol levels in Atlantic salmon // *Aquaculture.* 2007. Vol. 273. P. 298–311.
- Pavlov D. S., Kostin V. V., Nechaev I. V. et al. Hormonal status in different phenotypic forms of Black Sea trout *Salmo trutta labrax* // *J. Ichthyol.* 2010. Vol. 50, N 11. P. 985–996.
- Peng J. Y., Larondelle Y., Pham D. et al. Polyunsaturated fatty acid profiles of whole body phospholipids and triacylglycerols in anadromous and landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry // *Comp. Biochem. Physiol.* 2003. B 134. P. 335–348.
- Pickova J., Kiessling A., Petterson A., Dutta P. C. Comparison of fatty acid composition and astaxanthin content in healthy and by M74 affected salmon eggs from three Swedish river stocks // *Comparative Biochem. and Physiol. Part B.* 1998. N 120. P. 265–271.
- Sargent J. R., Bell J. G., Bell M. V., Henderson R. J., Tocher D. R. Dietary origins and functions of long-chain (n-3) polyunsaturated fatty acids in marine fish // *J. Marine Biotechnol.* 1995. N 3. P. 26–28.
- Stefansson S. O., Björnsson B. T., Ebbesson L. O. E., McCormick S. D. Smoltification // *Fish Larval Physiology* / eds. R. N. Finn, B. G. Kapoor. Enfield: NH: USA: Science Publishers, 2008. P. 639–681.
- Sundell K. S., Sundh H. Intestinal fluid absorption in anadromous salmonids: Importance of tight junctions and aquaporins // *Front Physiol.* 2012. N 3. P. 388.
- Tipsmark C. K., Sørensen K. J., Madsen S. S. Aquaporin expression dynamics in osmoregulatory tissues of Atlantic salmon during smoltification and seawater acclimation // *J. Experim. Biol.* 2010. Vol. 213. P. 368–379.
- Tocher D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish // *Rev. Fisheries Sci.* 2003. Vol. 11, N 2. P. 107–184.
- Tocher D. R., Bell J. G., Dick J. R. et al. Polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr-smolt transformation and the effects of dietary linseed and rapeseed oils // *Fish Physiol. and Biochem.* 2000. Vol. 23, N 1. P. 59–73.
- Wedemeyer G. A., Saunders R. L., Clarke W. C. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids // *Marine Fisheries Rev.* 1980. Vol. 42. P. 1–14.
- Yan Y. Expression of genes involved in regulation of polyunsaturated fatty acid metabolism in liver of Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr-smolt transformation. Master's Thesis 2016. Department of Animal and Aquacultural Sciences. Norwegian University of Life Sciences. 81 p.
- Yanes-Roca C., Rhody N., Nystrom M., Main K. L. Effects of fatty acid composition and spawning season patterns on egg quality and larval survival in common snook (*Centropomus undecimalis*) // *Aquaculture.* 2009. N 287. P. 335–340.
- Youdim K. A., Martin A., Joseph J. A. Essential fatty acids and the brain: Possible health implications // *Int. Journ. Developmental Neurosci.* 2000. Vol. 18. P. 383–399.

Fatty Acid Status of Freshwater Resident and Anadromous Forms of Young Brown Trout (*Salmo trutta* L.)

S. A. MURZINA, Z. A. NEFEDOVA, S. N. PEKKOEVA, A. E. VESELOV,
M. A. RUCH'EV, N. N. NEMOVA

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

No qualitative and quantitative differences in the profiles of fatty acids of their main groups between freshwater resident (the Orzega River, Onega Lake Basin) and anadromous (the Indera River, White Sea Basin) forms of young brown trout were found. The alterations in a rate of conversion of food derived 18:2 ω -6 and 18:3 ω -3 fatty acids into the long-chain and physiologically active – 20:4 ω -6, arachidonic, and 22:6 ω -3, docosahexaenoic, fatty acids were revealed. Freshwater residential young of brown trout (parr, at 3+ age) from the Orzega River were distinguished by higher index of 20:4 ω -6/18:2 ω -6. Anadromous form of the young of brown trout (smolts, at 4+ age) from the Indera River had higher ration of essential fatty acids – 22:6 ω -3/18:3 ω -3 and of polyunsaturated fatty acids – $\Sigma \omega$ -3 to $\Sigma \omega$ -6. The latter correlated with higher weight-length characteristics of the studied individuals.

Key words: young fish, brown trout, ecological forms, life strategy, lipids, fatty acids.