

УДК 597.551.2 (470.22)

ПЛОТВА *RUTILUS RUTILIS* ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ РЕКИ КЕНТИ (БАССЕЙН БЕЛОГО МОРЯ)

Н. В. Ильмаст, О. П. Стерлигова, Д. С. Савосин

Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

Рассмотрен образ жизни плотвы *Rutilus rutilus* (L.) из разнотипных озер системы р. Кенти (бассейн Белого моря) Республики Карелия. Впервые изучены ее биологические показатели в Костомукшском хвостохранилище и озерах Окуневое и Койвас. Водоемы находятся под воздействием техногенных вод горно-обогатительного комбината (ГОК), построенного в 1982 г. Показано, что влияние комбината на озера имеет свои особенности. Вода озер обладает высокой минерализацией (до 600 мг/л), со сдвигом pH в щелочную сторону от 6,5 до 8,4. Это отражается на биологических показателях представителей ихтиофауны, включая плотву. У плотвы не отмечено визуальных изменений во внешней морфологии и в строении внутренних органов. Однако изменения обнаружены при биохимических и гистологических исследованиях. Показано, что факт выживания и размножения плотвы в техногенных водоемах свидетельствует о ее высоком адаптивном потенциале даже в неблагоприятных условиях обитания. Выполнен сравнительный анализ полученных результатов исследования с литературными данными по плотве из других водоемов региона. Установлено, что более высокий темп роста характерен для плотвы крупных и средних по площади озер (Ладожское, Онежское, Сямозеро), что связано с их богатой кормовой базой, большими площадями для нагула. Отмечено, что плотва относится к второстепенным объектам промысла, однако играет важную роль в любительском рыболовстве. Поскольку плотва является серьезным конкурентом в питании ценных промысловых видов рыб, вылов ее в водоемах Карелии следует увеличить.

Ключевые слова: водные экосистемы; Республика Карелия; популяция; плотва; распространение; биологические показатели; техногенное загрязнение.

N. V. Ilmast, O. P. Sterligova, D. S. Savosin. ROACH *RUTILUS RUTILIS* IN THE LAKE-RIVER SYSTEM OF THE KENTI RIVER, WHITE SEA BASIN

The mode of life of the roach *Rutilus rutilus* (L.) in lakes of various types in the Kenti River system, White Sea basin, Republic of Karelia, is discussed. Its biological indices in the Kostomuksha tailings dump and lakes Okunevoye and Koivas were studied for the first time. These water bodies are affected by process water from the mining and ore concentration plant (MCP) built in 1982. Some specific features of the MCP impact on the lakes has been shown. The lake water has high dissolved solids content (up to 600 mg/l), with pH shifting towards alkalies from 6.5 to 8.4. These characteristics tells on the biological parameters of the fish fauna, including roach. Roach displayed no visual changes in its external morphology or internal organs structure. However, biochemical and histological analyses have revealed some changes. The survival and breeding of roach in water bodies affected by human impact testify to its high adaptation potential even in an unfavorable environment. The results obtained were compared with the literature on roach from other water bodies of the region. A higher growth rate, characteristic

of roach from large and medium-sized lakes such as Ladoga, Onega and Syamozero, is due to their abundant foraging resources and extensive feeding and growing areas. It has been noted that roach is of minor value for industrial fisheries, but plays an important role in amateur fishing. Since roach is a strong competitor for foraging resources for valuable commercial fish species, its harvesting from Karelia's water bodies should be increased.

Key words: aquatic ecosystems; Republic of Karelia; population; roach; distribution; biological indicators; industrial pollution.

Введение

В настоящее время перспективы рационального использования всех биоресурсов рыбохозяйственных водоемов связываются не только с их естественной продукционной возможностью, но и со степенью антропогенного воздействия на экосистемы. Живые организмы в новых условиях обитания вынуждены приспосабливаться, и возможность выживания того или иного вида зависит от его способности быстро адаптироваться к происходящим изменениям.

В динамике пресноводной ихтиофауны водоемов России уже на протяжении длительного времени наблюдается тенденция, которая выражается в снижении численности и уловов ценных видов рыб. Современный рыбный промысел на внутренних водоемах Карелии ориентирован главным образом на добычу лосося, палии, сига, ряпушки, судака и леща. Такие рыбы, как ерш, мелкий окунь, плотва и уклейка, облавливаются промыслом в меньшей степени. Стоит отметить, что в 1950–1980 гг. в Республике Карелия проводился специализированный лов этих видов рыб мутниковыми неводами, которые в настоящее время не применяются. Эти рыбы получают предпочтение в выживании, так как их нерест приходится на весну и лето (май–июнь) и они обладают коротким периодом инкубации (2–3 недели). Происходит замещение ценных лососевых и сиговых видов рыб на карповые и окуневые, которые эксплуатируются недостаточно интенсивно. Одним из таких видов является плотва *Rutilus rutilus*.

Плотва относится к семейству Карповые – Cyprinidae. Это семейство рыб в водоемах Карелии является самым многочисленным и насчитывает 20 видов.

Естественный ареал плотвы достаточно широк. Она населяет озера, реки и водохранилища. Обитает в водоемах Европы к востоку от Пиренеев и к северу от Альп, включая Северную Шотландию, Англию, Германию [Townsend, Perrow, 1989; Treasurer, 1991]. В Европе северная граница ее ареала проходит по Швеции, Финляндии, Кольскому полуострову и почти до устья рек, впадающих в Северный Ледовитый

океан. Есть на Ямале. На юге России встречается повсеместно, за исключением Крыма [Берг, 1949; Nielsen, Horsted, 1988; Рыбы..., 2010].

В Карелии плотва встречается практически во всех водоемах, и ею заселено до 87 % озер республики из 800 исследованных [Герд, 1949; Смирнов, 1977; Озера..., 2013; Стерлигова и др., 2016]. Однако до настоящего времени остаются озера, где изучены слабо или совсем не изучены ее биологические показатели. К таким водоемам относятся водные объекты системы реки Кенти: озера Костомукшское, Окуневое и Койвас, находящиеся под техногенным воздействием Костомукшского горно-обогатительного комбината (ГОК).

Цель наших исследований – изучить образ жизни плотвы, массового вида в водоемах с техногенным загрязнением, сравнить ее биологические показатели с данными из других озер региона.

Материалы и методы

Основой исследований послужили три водоема системы р. Кенти: озера Костомукшское (с 1984 г. превращено в водохранилище или, как его называют, хвостохранилище), Окуневое и Койвас. Ихтиологический материал был собран в летний период 2010–2016 гг. Рыб для анализа брали из опытных уловов однотипным набором сетей (ячей от 14 до 40 мм), которые выставлялись в разных частях озер и на разных глубинах. Анализировались следующие показатели: длина и масса тела, пол, стадия зрелости гонад и питание. Возраст рыб определяли по чешуе. При камеральной обработке материала использовали общепринятые руководства [Правдин, 1966; Методическое..., 1974; Дгебуадзе, Чернова, 2009]. Для более полной оценки состояния плотвы использовались опубликованные материалы сотрудников лаборатории экологической биохимии ИБ КарНЦ РАН [Биота..., 2012].

Результаты и обсуждение

Исследуемые водоемы расположены в верхнем и среднем течении реки Кенти и находят-

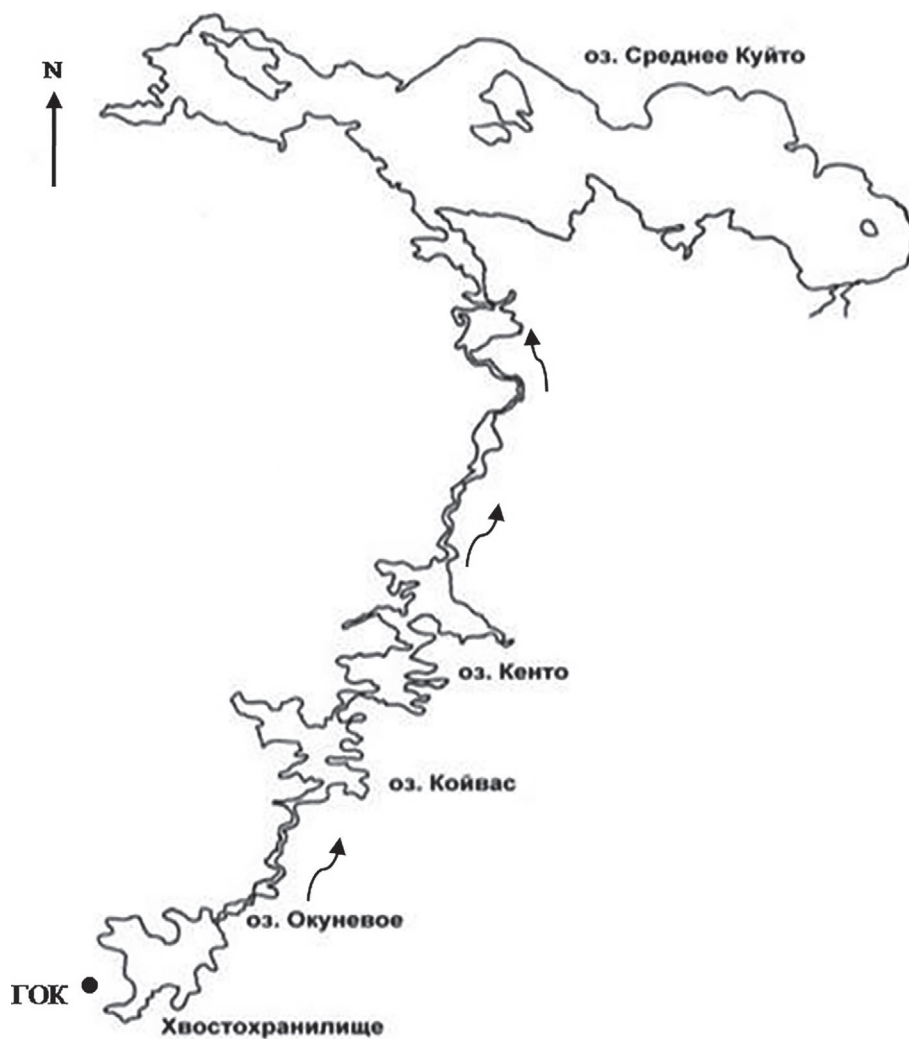


Схема озер системы р. Кенти
Map of lakes of the Kenti River system

ся под воздействием техногенных вод горно-обогатительного комбината, построенного в 1982 г. (рис.). Основные гидрологические показатели водоемов приведены в таблице 1. Костомукшское хвостохранилище служит для захоронения мелкодисперсионной взвеси и используется для оборотного водоснабжения, в результате чего его литоральная зона практически лишена высшей водной растительности. Отходы от производства поступают в хвостохранилище, которое дамбой отделено от ниже лежащих озер. Далее загрязненные воды через обводные каналы поступают в другие водоемы этой речной системы.

Многолетний анализ результатов исследований показал, что влияние горно-обогатительного комбината на пресноводные экосистемы имеет свои особенности. Воды хвостохранилища отличаются высокой минерализацией, которая возросла в результате работы комбината с 25 до 600 мг/л. В воде отмечаются высокие

концентрации K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , а также по сравнению с природными водами аномальное соотношение главных катионов. Большие концентрации щелочных металлов, а также гидрокарбонатов в воде определили сдвиг pH в щелочную область 8,4 [Феоктистов, Сало, 1990; Лозовик и др., 2001]. Такие условия создают своеобразный геохимический барьер для миграции большинства тяжелых металлов, и поэтому их концентрации в водоемах системы невелики.

Состав поступающей взвеси вследствие выщелачивания различных компонентов непосредственно влияет на химические показатели воды озер, расположенных ниже. Начиная с 1994 г. в ниже лежащие озера регулярно производятся попуски воды из хвостохранилища, ежегодный объем сбрасываемых техногенных вод в 1998–2004 гг. в среднем составлял 15,7 млн/м³.

Вторым водоемом после хвостохранилища является небольшое и мелководное оз. Окуне-

Таблица 1. Гидрологические показатели исследуемых водоемов [Состояние..., 2007]

Table 1. Hydrological indicators of the studied water bodies [State..., 2007]

Показатель Index	Хвостохранилище Kostomuksha tailings dump	Окуневое Lake Okunevoe	Койвас Lake Koivas
Высота над уровнем моря, м Altitude, m	180	150	146
Площадь водосбора, км ² Catchment area, km ²	68,4	51	356
Площадь озера, км ² Lake area, km ²	34,2	–	21,4
Максимальная глубина, м Maximum depth, m	25	5,6	23,0
Средняя глубина, м Average depth, m	3,2	2,6	4,1
Объем, млн м ³ Volume, million m ³	430	0,86	89,6

вое. Оно относится к малым озерам, и его гидрохимический режим всецело определяется составом поступающих техногенных вод. Минерализация воды составляет свыше 600 мг/л [Состояние..., 2007].

Озеро Койвас расположено на значительном расстоянии от хвостохранилища (рис.), и биоценозы озера в меньшей степени подвержены воздействию техногенных вод. Минерализация воды в озере снизилась до уровня 400 мг/л.

По уровню количественного развития зоопланктона (биомасса 0,06 г/м³) и зообентоса (0,20–1,4 г/м²) водоемы Костомукшское и Окуневое характеризуются как ультраолиготрофные, оз. Койвас (0,40 г/м³ и 2,0 г/м²) – как олиготрофное [Китаев, 2007].

Плотва является самым многочисленным видом в водоемах системы р. Кенти. Рыба неприхотлива к условиям обитания. В водоемах региона предпочитает прибрежные мелководные участки, богатые водной растительностью, открытых глубоких плесов избегает; в реках чаще встречается на медленном течении [Первозванский, 1986; Дятлов, 2002; Стерлигова и др., 2002, 2016; Лукин и др., 2008].

Плотва характеризуется длительным жизненным циклом. Возрастной состав опытных уловов был представлен особями от 2+ до 13+, преобладали рыбы в возрасте от 6+ до 10+, что указывает на низкий уровень ее вылова (табл. 2). В водоемах региона предельный возраст отмечен у плотвы Керетьозера – 28 лет, Пяозера и оз. Каменное – 22 года, Сямозера – 19 лет [Первозванский, 1986; Стерлигова и др., 2002].

Анализ половой структуры плотвы свидетельствует о значительном доминировании самок (до 85 %), что характерно и для других озер региона. Как правило, это связано с неодинаковой продолжительностью жизни особей раз-

ного пола, в младших возрастных группах численно преобладают самцы, в старших – самки [Первозванский, 1986; Дятлов, 2002 и др.]. Вместе с тем в водоемах с интенсивным техногенным воздействием (минеральное загрязнение) появление большого количества самок можно объяснить меньшей устойчивостью самцов к неблагоприятным факторам среды.

Плотва в озерах р. Кенти обладает медленным темпом роста из-за высокой минерализации воды (400–600 мг/л) и бедной кормовой базы (биомасса зоопланктона варьирует от 0,06 до 0,4 г/м³, бентоса – от 1,4 до 2,0 г/м²) [Кучко и др., 2012]. Длина проанализированных особей варьировала от 9,5 до 24,5 см, масса – от 12 до 280 г. Самая крупная плотва была выловлена в оз. Койвас и имела длину 30 см, массу 320 г (табл. 2). В больших и средних водоемах Карелии темп роста плотвы выше, что связано со значительными площадями для ее нагула. Предельная масса плотвы в регионе отмечена для озер Ладожского и Кереть – до 1 кг, но встречаются такие особи крайне редко [Дятлов, 2002].

Половое созревание плотвы наступает у самцов в 3 года, у самок в 4, реже в 5–6 лет при длине 10–15 см и массе 20–70 г [Федорова, 1982; Первозванский, 1986; Дятлов, 2002; Стерлигова и др., 2002]. Нерест на юге Карелии начинается во 2-й половине мая, на севере – в июне при температуре воды 8–9 °С. Нерестовые участки расположены на глубинах от 0,5 до 2,0 м и отличаются между собой: от мелких губ и заливов с водной растительностью до прибрежных зон с гравийным грунтом. Икрометание единовременное и ежегодное. Икра клейкая – до 1,5 мм в диаметре. Абсолютная плодовитость плотвы варьирует от 2,5 до 114 тыс. икринок в зависимости от массы и возраста самок (табл. 3).

Таблица 2. Линейно-весовые показатели роста плотвы в некоторых водоемах Карелии

Table 2. Linear-weight indicators of roach growth in some water bodies of Karelia

Водоем Water body	Возраст, лет Age, years												N
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	
Длина ad, см Length (ad), sm													
Онежское ¹ Oнега ¹	–	–	13,5	15,0	16,8	18,7	20,6	21,0	23,0	24,5	25,5	26,5	220
Ладожское ² Ladoga ²	–	12,2	13,5	15,2	17,0	19,0	21,0	22,8	24,0	25,3	26,5	27,5	360
Каменное ³ Каменное ³	–	10,6	13,7	15,3	18,0	19,2	20,3	21,1	23,0	24,5	26,0	27,3	155
Кимас ³ Kimas ³	–	11,4	13,0	15,1	17,2	19,1	20,3	21,0	22,0	22,7	24,0	24,6	200
Нюк ³ Nyk ³	–	10,8	13,3	14,3	15,2	17,4	18,5	19,0	20,2	20,4	21,8	22,2	273
Сямозеро ⁴ Syamozero ⁴	7,5	11,0	13,0	15,0	17,0	18,2	19,4	20,1	22,0	24,5	26,0	27,2	290
Толвоярви ⁴ Tolvoyarvi ⁴	9,0	11,0	–	15,0	16,7	17,7	18,6	20,0	21,0	22,1	24,5	–	115
Пяозеро ⁴ Pyaozero ⁴	–	11,0	12,5	14,0	15,7	16,1	17,2	18,4	–	20,0	21,1	23,2	100
Костомукшское ⁵ Kostomukshskoe ⁵	10,1	12,0	13,0	14,2	15,3	16,5	17,2	18,8	19,8	21,5	22,0	–	400
Окуневое ⁵ Okunevoe ⁵	–	11,7	13,5	14,2	15,0	16,1	17,0	18,2	20,0	–	–	–	170
Койвас ⁵ Koivas ⁵	9,5	11,6	13,3	14,2	15,0	16,0	17,4	18,3	21,5	24,5	–	30,0	245
Масса, г Mass, g													
Онежское ¹ Oнега ¹	6	20	35	50	80	140	170	200	240	290	320	380	220
Ладожское ² Ladoga ²	–	26	44	60	80	160	186	220	280	320	380	410	360
Каменное ³ Каменное ³	–	18	37	52	70	110	130	155	206	232	270	320	155
Кимас ³ Kimas ³	–	19	34	48	81	107	160	175	180	202	231	266	990
Нюк ³ Nyk ³	–	9	20	33	62	115	140	170	230	300	305	320	275
Сямозеро ⁴ Syamozero ⁴	8	18	34	50	70	110	150	170	200	220	260	310	290
Толвоярви ⁴ Tolvoyarvi ⁴	–	19	26	39	52	92	115	183	225	322	–	–	150
Пяозеро ⁴ Pyaozero ⁴	–	–	–	54	75	98	123	143	177	207	260	330	100
Костомукшское ⁵ Kostomukshskoe ⁵	12	26	40	48	64	84	110	125	132	200	223	–	400
Окуневое ⁵ Okunevoe ⁵	–	24	42	51	62	74	85	130	140	–	–	–	170
Койвас ⁵ Koivas ⁵	–	20	30	51	60	117	135	180	220	280	–	320	245

Примечание. Данные по: 1 – Гуляева, Покровский, 1984; 2 – Дятлов, 2002; 3 – Первозванский, 1986; 4 – Стерлигова и др., 2016; 5 – наши данные.

Note. Data after: 1 – Gulyaeva, Pokrovsky, 1984; 2 – Dyatlov, 2002; 3 – Pervozvansky, 1986, 4 – Sterligova et al., 2016; 5 – our data.

Пищевой спектр плотвы разнообразен и включает организмы зоопланктона, бентоса, дрефты и растительные остатки. В весовом

отношении в летний период в рационе плотвы в возрасте 1–3 лет преобладают планктонные организмы с доминированием ветвистоусых

Таблица 3. Показатели плодовитости плотвы из разных водоемов Карелии

Table 3. Fecundity indicators of roach from different water bodies of Karelia

Озеро Lake	Абсолютная плодовитость, икр. Absolute fecundity, eggs	Относительная плодовитость, икр. Relative fecundity, eggs	N
Ладожское ¹ Ladoga ¹	$\frac{3700-114\,000}{32\,000}$	$\frac{37-210}{128}$	20
Сямозеро ² Syamozero ²	$\frac{7000-60\,000}{14\,000}$	$\frac{30-160}{100}$	45
Каменное ³ Kamennoe ³	$\frac{9160-32\,100}{17\,800}$	$\frac{40-110}{76}$	30
Кимас ³ Kimas ³	$\frac{2500-31\,000}{10\,400}$	$\frac{40-140}{87}$	30
Нюк ⁴ Nyuk ⁴	$\frac{9200-38\,200}{17\,000}$	$\frac{47-114}{85}$	20
Койвас ⁵ Koivas ⁵	$\frac{8900-29\,000}{15\,800}$	$\frac{40-110}{80}$	25

Примечание. В числителе – колебания плодовитости; в знаменателе – среднее значение. Данные по: 1 – Дятлов, 2002; 2 – Стерлигова и др., 2002; 3 – Первозванский, 1986; 4 – Потапова, 1969; 5 – наши данные.

Note. In the numerator – fertility fluctuations; the denominator – the average value. Data after: 1 – Dyatlov, 2002; 2 – Sterligova et al., 2002; 3 – Pervozvansky, 1986; 4 – Potapova, 1969; 5 – our data.

ракообразных. У рыб старшего возраста в питании отмечены личинки ручейников, олигохет, поденок, моллюски, черви, растительные остатки и прочие организмы [Потапова, Соколова, 1962; Дятлов, 2002]. Плотва выступает как конкурент в питании сига, леща и других видов рыб. Сама является объектом питания хищных рыб, однако в их рационе играет второстепенную роль [Попова, 1982].

Среди широко используемых подходов оценки состояния рыб, которые живут в несвойственной им среде обитания, особое место занимают биохимические и гистологические исследования. При проведении таких исследований на водоемах системы р. Кенти были выявлены изменения во внутренних органах плотвы.

Исследования показывают, что интенсификация энергообмена является важнейшей компенсаторной приспособительной реакцией, направленной на усиление функции жаберного аппарата и повышение эффективности дыхания на начальных стадиях воздействия различных неблагоприятных условий [Gagnon, Holdway, 1999; Немова, 2005 и др.]. Выявлено, что в водоемах с техногенным воздействием высокая мутность воды и щелочная среда приводят к чрезмерной функциональной активности жабр плотвы. В них отмечено незначительное снижение активности аэробных ферментов: цитохромоксидазы (ЦО) на 38 % и аэробного изофермента ЛДГ-В₄ на 19 %, что указывает на низкий уровень аэробного метаболизма и аэробного синтеза АТФ. Вероятно, эти изменения связаны с щелочной средой обитания, которая оказывает влияние на клеточные структуры, разрушая респираторный эпителий

и хлоридные клетки жаберного аппарата рыб, ингибируя активность ферментов, повреждая митохондриальные мембраны и разобщая процессы окислительного фосфорилирования [Немова, 2005, 2012].

В печени рыб обнаружено значительное снижение активности ферментов аэробного метаболизма (ЦО) и общей активности малатдегидрогеназы (МДГ). Снижение этих ферментов на 70–75 % у плотвы связано с уменьшением поступления кислорода в организм рыб в результате нарушения функционирования жаберного аппарата из-за мелкой дисперсионной механической взвеси. Это приводит к понижению функциональной активности клеток печени, что сказывается на жизнедеятельности всего организма рыб [Tripathi, 1999; Новиков, 2000].

В почках плотвы из техногенных водоемов отмечалась низкая активность ЦО, альдолазы, лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и повышенная – глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (Г-6-ФДГ). Все это указывает как на низкий уровень процессов аэробного и анаэробного синтеза АТФ и степени использования углеводов в энергообмене, так и на более высокий уровень их окисления. Обычно это связано с необходимостью увеличения числа восстановительных реакций для обмена ксенобиотиков или липогенеза в ответ на минеральное воздействие.

В мышцах плотвы также наблюдались подобные метаболические изменения, прежде всего в снижении активности ферментов (ЦО, МДГ и альдолазы) и характерного для мышечных тканей изофермента ЛДГ-А₄ [Немова, 2012]. Известно, что изменения в метаболизме мышц опорно-двигательного аппарата рыбы

свидетельствуют о снижении ее физической активности и рывковой плавательной способности [Gamperl, 2002; Guderley, 2004].

Среди широко используемых подходов оценки состояния рыб особое место занимает гистологический анализ. Он дает более полную характеристику клеточной структуры тканей, свидетельствующую о нарушениях метаболизма. Гистоморфологический анализ срезов печени плотвы в хвостохранилище выявил ряд изменений в структуре органов: нарушение кровоснабжения и разрастание соединительной ткани кровеносных сосудов [Мурзина и др., 2012]. Известно, что это приводит к нарушению снабжения тканей кровью и возникновению кислородного голодания, нарушая клеточную структуру печени и ее функционирование [Rodrigues, Fanta, 1998; Моисеенко, 2009 и др.].

Заключение

Таким образом, анализ результатов проведенных исследований показал, что влияние Костомукшского горно-обогатительного комбината на пресноводные экосистемы имеет свои особенности. Вода хвостохранилища является высокоминерализованной (общая минерализация около 600 мг/л) со сдвигом pH в щелочную сторону (8,4). По уровню количественного развития планктона и бентоса водоемы можно отнести к олиготрофному типу. Плотва отличается низкими линейно-весовыми показателями. Аномалий внешних признаков и в строении внутренних органов плотвы не обнаружено, что связано с низким содержанием в воде тяжелых металлов. Вместе с тем биохимические и гистологические исследования выявили отклонения на уровне внутренних органов и ферментов у плотвы. При этом факт выживания и размножения плотвы в техногенных водоемах свидетельствует о ее высоком адаптивном потенциале даже в неблагоприятных условиях обитания. Преобладание плотвы старшего возраста указывает на слабую промысловую нагрузку в исследуемых водоемах.

Плотва относится к второстепенным объектам промысла, однако играет важную роль в любительском рыболовстве. Массовый ее лов связан с нерестовыми скоплениями. Общий вылов плотвы в Карелии составляет 150–200 т в год. Поскольку плотва является серьезным конкурентом в питании ценных промысловых видов рыб, ее вылов в водоемах Карелии следует увеличить.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального

бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (0218-2019-0081), а также Программы Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России», проект № 0221-2018-0002.

Литература

Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Т. 3. М.; Л.: АН СССР, 1949. 1380 с.

Биота северных озер в условиях антропогенного воздействия / Ред. Н. Н. Немова, Н. В. Ильмаст, Е. П. Иешко, О. В. Мещерякова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. 228 с.

Герд С. В. Некоторые зоогеографические проблемы изучения рыб Карелии // Природные ресурсы, история и культура Карело-Финской ССР. Вып. 2. Петрозаводск: Гос. изд-во КФССР, 1949. С. 100–115.

Гуляева А. М., Покровский В. В. Современный состав ихтиофауны и промысловых уловов рыбы в Онежском озере // Тр. ГосНИОРХ. 1984. Вып. 216. С. 4–10.

Дгебуадзе Ю. Ю., Чернова О. Ф. Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. М.: КМК, 2009. 315 с.

Дятлов М. А. Рыбы Ладожского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 281 с.

Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.

Кучко Я. А., Павловский С. А., Ильмаст Н. В. Гидробиологические особенности водоемов, подверженных влиянию техногенных вод // Биота северных экосистем в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 41–47.

Лозовик П. А., Маркканен С. Л., Морозов А. К., Платонов А. В., Потапова И. Ю., Калмыков М. В., Куринная А. А., Ефременко Н. А. Поверхностные воды Калевальского района и территории г. Костомукши в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. 165 с.

Лукин А. А., Ивантер Д. Э., Шарова Ю. Н., Щуров И. Л., Широков В. А., Полякова Т. Н., Рябинкин А. В., Бабий А. А., Горбачев С. А., Решетников Ю. С., Сярки М. Т., Теканова Е. В., Тимакова Т. М., Глибко О. Я., Гайда Р. В. Биоресурсы Онежского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 273 с.

Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / Ред. Е. В. Богутский. М.: Наука, 1974. 254 с.

Моисеенко Т. И. Водная токсикология: Теоретические и прикладные аспекты. М.: Наука, 2009. 400 с.

Мурзина С. А., Нефедова З. А., Немова Н. Н. Особенности гистоморфологической структуры печени и ооцитов рыб, обитающих в хвостохранилище // Биота северных экосистем в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 185–194.

Немова Н. Н. Биохимические индикаторы состояния рыб. М.: Наука, 2005. 165 с.

Немова Н. Н. Биохимические показатели клеточного метаболизма, используемые в биомониторинге и для тестирования состояния гидробионтов // Биота северных экосистем в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 95–122.

Новиков Г. Г. Рост и энергетика развития костистых рыб в раннем онтогенезе. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 296 с.

Озера Карелии. Справочник / Ред. Н. Н. Филатов, В. И. Кухарев. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 464 с.

Первозванский В. Я. Рыбы водоемов района Костомукшского железорудного месторождения (экология, воспроизводство, использование). Петрозаводск: Карелия, 1986. 216 с.

Попова О. А. Питание хищных рыб Сямозера после вселения корюшки // Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоема. М.: Наука, 1982. С. 106–145.

Потапова О. И. Данные по плодovitости и нересту весенненерестующих рыб Лахтинской губы Сямозера // Вопросы экологии животных. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1969. С. 80–92.

Потапова О. И., Соколова В. А. О питании и пищевых взаимоотношениях некоторых бентосоядных рыб Сямозера // Гидробиологические исследования. Т. 3. Тарту: ЭГУ, 1962. С. 225–233.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром., 1966. 376 с.

Рыбы в заповедниках России Т. 1 / Ред. Ю. С. Решетников. М.: КМК, 2010. 627 с.

Смирнов А. Ф. Рыбы Имандры // Рыбы озер Кольского полуострова. Петрозаводск: ПетрГУ, 1977. С. 56–76.

Состояние водных объектов Карелии / Ред. П. А. Лозовик, Т. П. Куликова, Н. Н. Мартынова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 210 с.

Стерлигова О. П., Павлов В. Н., Ильмаст Н. В., Павловский С. А., Комулайнен С. Ф., Кучко Я. А. Экосистема Сямозера (биологический режим и использование). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 119 с.

Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Савосин Д. С. Круглоротые и рыбы пресных вод Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. 224 с.

Федорова Г. В. Плодовитость плотвы Ладозского озера // Труды ГосНИОРХ. Т. 190. Л., 1982. С. 95–101.

Феоктистов В. М., Сало Ю. А. Формирование химического состава воды хвостохранилища // Режим эксплуатации хвостохранилища Костомукшского ГОКа. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1990. С. 15–25.

Gagnon D. F., Holdway A. I. Respiratory functional activity of gills of some fish species at toxic effect // Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol. 1999. Vol. 120, no. 5. P. 256–266.

Gamperl A. K. Metabolism, swimming performance, and tissue biochemistry of high desert red band trout (*Oncorhynchus mykiss* ssp.) // Physiol. Biochem. Zool. 2002. Vol. 75, no. 5. P. 413–431.

Guderley H. Locomotor performance and muscle metabolic capacities: impact of temperature and energetic status // Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol. 2004. Vol. 139, no. 3. P. 371–382.

Nielsen T. Y., Horsted S. Y. Fin displacement trough allometric growth in roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) // Vid. Medd. Dan. Naturhist. Foren. 1988. Vol. 147. P. 129–131.

Rodrigues E. L., Fanta E. Liver histopathology of the fish *Brachydanio rerio* Hamilton – Buchman after acute exposure to sublethal levels of the organophosphate Dimethoate 500 // Revta Brazilian Zoology. 1998. Vol. 15(2). P. 441–450.

Townsend C. R., Perrow M. R. Tutropication may produce population cycles in roach *Rutilus rutilus* (L.), by two contrasting mechanisms // J. Fish. Biol. 1989. Vol. 34, no. 1. P. 161–164.

Treasurer J. W. The occurrence of roach *Rutilus rutilus* (L.) in northern Scotland // J. Fish. Biol. 1991. Vol. 37, no. 6. P. 989–990.

Tripathi G. Scaling of some metabolic enzymes in liver of freshwater teleost: an adaptive mechanism // Z. Naturforsch. 1999. Vol. 54, no. 23. P. 1103–1106.

Поступила в редакцию 26.04.2019

References

Berg L. S. Ryby presnykh vod SSSR i sopredel'nykh stran [Fish freshwater of the USSR and neighboring countries]. Vol. 3. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1949. 1380 p.

Biota severnykh ozer v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya [Biota of Northern lakes under conditions of anthropogenic impact]. Eds. N. N. Nemova, N. V. Ilmast, Ye. P. Iyeshko, O. V. Meshcheryakova. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2012. 228 p.

Fedorova G. V. Plodovitost' plotvy Ladozhskogo ozera [Fecundity of roach in Lake Ladoga]. Trudy GosNIORKh [Proceed. National Res. Inst. of Lake and River Fisheries]. 1982. Vol. 190. P. 95–101.

Feoktistov V. M., Salo Yu. A. Formirovanie khimicheskogo sostava vody khvostokhranilishcha [The formation of the chemical composition of water tailing]. Rezhim ekspluatatsii khvostokhranilishcha Kostomukshskogo GOKa [Mode of operation of the tailings storage

of Kostomuksha mining and processing plant]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1990. P. 15–25.

Gerd S. V. Nekotorye zoogeograficheskie problemy izucheniya ryb Karelii [Some zoogeographical problems of studying fish in Karelia]. Prirod. resursy, istoriya i kul'tura Karelo-Finskoi SSR [Natural resources, history and culture of the Karelian-Finnish SSR]. Iss. 2. Petrozavodsk: Gos. izd-vo KFSSR, 1949. P. 100–115.

Gulyaeva A. M., Pokrovskii V. V. Sovremennyyi sostav ikhtiofauny i promyslovykh ulovov ryby v Onezhskom ozere [The modern composition of ichthyofauna and commercial fish catches in Lake Onega]. Trudy GosNIORKh [Proceed. National Res. Inst. of Lake and River Fisheries]. 1984. Iss. 216. P. 4–10.

Dgebuadze Yu. Yu., Chernova O. F. Cheshuya kostistyykh ryb kak diagnosticheskaya i registriruyushchaya struktura [Scales of bony fish as a diagnostic and recording structure]. Moscow: KMK, 2009. 315 p.

Dyatlov M. A. Ryby Ladozhskogo ozera [Fish of Lake Ladoga]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2002. 281 p.

Kitaev S. P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtiologov [Basics of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2007. 395 p.

Kuchko Ya. A., Pavlovskii S. A., Il'mast N. V. Gidrobiologicheskie osobennosti vodoemov podverzhennykh vliyaniyu tekhnogennykh vod [Hydrobiological features of reservoirs exposed to the influence of technogenic waters]. *Biota severnykh ekosistem v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya* [Biota of northern ecosystems under conditions of anthropogenic impact]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2012. P. 41–47.

Lozovik P. A., Markkanen S. L., Morozov A. K., Platonov A. V., Potapova I. Yu., Kalmykov M. V., Kurinnaya A. A., Efremenko N. A. Poverkhnostnye vody Kaleval'skogo raiona i territorii g. Kostomukshi v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya [Surface waters of the Kalevalsky District and the territory of the city of Kostomuksha under conditions of anthropogenic impact]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2001. 165 p.

Lukin A. A., Ivanter D. E., Sharova Yu. N., Shchurov I. L., Shirokov V. A., Polyakova T. N., Ryabinkin A. V., Babii A. A., Gorbachev S. A., Reshetnikov Yu. S., Syarki M. T., Tekanova E. V., Timakova T. M., Glibko O. Ya., Gaida R. V. Bioresursy Onezhskogo ozera [Biological resources of Lake Onega]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2008. 273 p.

Metodicheskoe posobie po izucheniyu pitaniya i pishchevykh otnoshenii ryb v estestvennykh usloviyakh [Methodological manual on studying the nutrition and nutritional relationships of fish in natural conditions]. Ed. E. V. Bogutsky. Moscow: Nauka, 1974. 254 p.

Moiseenko T. I. Vodnaya toksikologiya: Teoreticheskie i prikladnye aspekty [Aquatic toxicology: Theoretical and applied aspects]. Moscow: Nauka, 2009. 400 p.

Murzina S. A., Nefedova Z. A., Nemova N. N. Osobennosti gistomorfologicheskoi struktury pecheni i ootsitov ryb, obitayushchikh v khvostokhranilishche [Features of the histomorphological structure of the liver and oocytes of fish living in the tailing dump]. *Biota severnykh ekosistem v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya* [Biota of northern ecosystems under conditions of anthropogenic impact]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2012. P. 185–194.

Nemova N. N. Biokhimicheskie indikatsii sostoyaniya ryb [Biochemical indications of fish condition]. Moscow: Nauka, 2005. 165 p.

Nemova N. N. Biokhimicheskie pokazateli kletchnogo metabolizma, ispol'zuyemye v biomonitoringe i dlya testirovaniya sostoyaniya gidrobiontov [Biochemical indicators of cellular metabolism used in biomonitoring and for testing the state of hydrobionts]. *Biota severnykh ekosistem v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya* [Biota of northern ecosystems under conditions of anthropogenic impact]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2012. P. 95–122.

Novikov G. G. Rost i energetika razvitiya kostistykh ryb v rannem ontogeneze [Growth and energy development of bony fish in early ontogenesis]. Moscow: Editorial URSS, 2000. 296 p.

Ozera Karelii. Spravochnik [Lakes of Karelia. Handbook]. Eds. N. N. Filatov, V. I. Kukharev. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2013. 464 p.

Pervozvanskii V. Yu. Ryby vodoemov raiona Kostomukshskogo zhelezorudnogo mestorozhdeniya (ekologiya, vosproizvodstvo, ispol'zovanie) [Fish from the reservoirs of the Kostomuksha iron ore deposit area (ecology, reproduction, use)]. Petrozavodsk: Karelia, 1986. 216 p.

Popova O. A. Pitaniye khishchnykh ryb Syamozera posle vseleniya koryushki [Food composition of predatory fish of Lake Syamozero after the introduction of smelt]. *Izmenenie struktury rybnogo naseleniya evtrofiruemogo vodoema* [Change in the structure of the fish population of the eutrophic reservoir]. Moscow: Nauka, 1982. P. 106–145.

Potapova O. I. Dannye po plodovitosti i nerestu vesennenerestuyushchikh ryb Lakhtinskoi guby Syamozera [Data on fecundity and spawning of spring-spawning fish in the Lakhtinsky Bay of Lake Syamozero]. *Voprosy ekol. zhivotnykh* [Animal Ecology Issues]. Petrozavodsk: Karel. fil. AN SSSR, 1969. P. 80–92.

Potapova O. I., Sokolova V. A. O pitanii i pishchevykh vzaimootnosheniyakh nekotorykh bentosoyadnykh ryb Syamozera [About feeding and food relationships of some benthos-eating fish of Lake Syamozero]. *Gidrobiol. issled.* [Hydrobiological studies]. Vol. 3. Tartu: EGU, 1962. P. 225–233.

Pravdin I. F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guidelines on fish studying]. Moscow: Pishch. prom., 1966. 376 p.

Ryby v zapovednikakh Rossii [Fish in the reserves of Russia]. Vol. 1. Ed. Y. S. Reshetnikov. Moscow: KMK, 2010. 627 p.

Smirnov A. F. Ryby Imandry [Fish of Lake Imandra]. *Ryby ozer Kol'skogo poluostrova* [Fish of lakes of the Kola Peninsula]. Petrozavodsk: PetrSU, 1977. P. 56–76.

Sostoyanie vodnykh ob'ektov Karelii [The status of water bodies in Karelia]. Eds. P. A. Lozovik, T. P. Kulikova, N. N. Martynova. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2007. 210 p.

Sterligova O. P., Pavlov V. N., Il'mast N. V., Pavlovskii S. A., Komulainen S. F., Kuchko Ya. A. Ekosistema Syamozera (biologicheskii rezhim i ispol'zovanie) [Lake Syamozero ecosystem (biological regime and use)]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2002. 119 p.

Sterligova O. P., Il'mast N. V., Savosin D. S. Kруглоротые i ryby presnykh vod Karelii [Cyclostomata and freshwater fish of Karelia.]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2016. 224 p.

Gagnon D. F., Holdway A. I. Respiratory functional activity of gills of some fish species at toxic effect. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* 1999. Vol. 120, no. 5. P. 256–266.

Gamperl A. K. Metabolism, swimming performance, and tissue biochemistry of high desert red band trout (*Oncorhynchus mykiss* ssp.). *Physiol. Biochem. Zool.* 2002. Vol. 75, no. 5. P. 413–431.

Guderley H. Locomotor performance and muscle metabolic capacities: impact of temperature and energetic status. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* 2004. Vol. 139, no. 3. P. 371–382.

Nielsen T. Y., Horsted S. Y. Fin displacement trough allometric growth in roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae). *Vid. Medd. Dan. Naturhist. Foren.* 1988. Vol. 147. P. 129–131.

Rodrigues E. L., Fanta E. Liver histopathology of the fish *Brachydanio rerio* Hamilton – Buchman after acute exposure to sublethal levels of the organophosphate Dimethoate 500. *Revta Brazilian Zoology.* 1998. Vol. 15(2). P. 441–450.

Townsend C. R., Perrow M. R. Tutropication may produce population cecles in roach *Rutilus rutilus* (L.),

by two contrasting mechanisms. *J. Fish. Biol.* 1989. Vol. 34, no. 1. P. 161–164.

Treasurer J. W. The occurrence of roach *Rutilus rutilus* (L.) in northern Scotland. *J. Fish. Biol.* 1991. Vol. 37, no. 6. P. 989–990.

Tripathi G. Scaling of some metabolic enzymes in liver of freshwater teleost: an adaptive mechanism. *Z. Naturforsch.* 1999. Vol. 54, no. 23. P. 1103–1106.

Received April 26, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ильмаст Николай Викторович

заведующий лаб. экологии рыб и водных беспозвоночных, д. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: ilmast@mail.ru
тел.: (8142) 561679

Стерлигова Ольга Павловна

главный научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: o.sterligova@yandex.ru
тел.: (8142) 561679

Савосин Денис Сергеевич

научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: sadenser@inbox.ru
тел.: (8142) 561679

CONTRIBUTORS:

Ilmast, Nikolai

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ilmast@mail.ru
tel.: (8142) 561679, +79114011869

Sterligova, Olga

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: o.sterligova@yandex.ru
tel.: (8142) 561679

Savosin, Denis

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: sadenser@inbox.ru
tel.: (8142) 561679