ISSN 0042-8752

Том 58, Номер 1 Январь - Февраль 2018

ВОПРОСЫ ИХТИОЛОГИИ

журналу 65 лет

http://www.naukaran.com

Журнал печатает оригинальные статьи, являющиеся результатом научных исследований по всем разделам ихтиологии и биологическим основам рыбного хозяйства.

"НАУКА"

Российская академия наук

ВОПРОСЫ ИХТИОЛОГИИ

Том 58 № 1 2018 Январь–Февраль

Основан в 1953 г.
Выходит 6 раз в год
ISSN: 0042-8752

Журнал издается под руководством
Отделения биологических наук РАН

Редакционная коллегия:

Главный редактор
Д.С. Павлов

А.М. Орлов (ответственный секретарь),
С.А. Евсеенко (заместитель главного редактора),
М.В. Мина (заместитель главного редактора),
М.И. Шатуновский (заместитель главного редактора),
О.Н. Маслова (научный редактор)

Редакционный совет:

П.-А. Амундсен (Норвегия), Д.А. Астахов,
А.В. Балушкин, А.Е. Бобырев, Й. Вайценбок (Австрия),
Ю.Ю. Дгебуадзе, А.В. Долгов, М. Докер (Канада),
А.О. Касумян, Б.Б. Коллетт (США),
А.Н. Котляр, К.В. Кузищин, Е.В. Микодина,
В.Н. Михеев, П. Моллер (США), А.Д. Мочек, Д.А. Павлов,
Ю.С. Решетников, А.М. Токранов, В.П. Шунтов

Зав. редакцией М.С. Чечёта

E-mail: j.ichthyology@naukaran.com

Адрес редакции: 117997 Москва, Профсоюзная ул., д. 90
Телефон: 495-276-77-38, доб. 40-12

Журнал "Вопросы ихтиологии" переводится на английский язык ("Journal of Ichthyology") и реферируется в Реферативном журнале ВИНИТИ, Academic OneFile, ASFA, CAB Abstracts, CSA/Proquest, Google Scholar, Springerlink, SCOPUS, Zoological Records, BIOSYS Preview, Russian Science Citation Index (Thomson Reuters) и др.

Москва

© Российская академия наук, 2018
© ФГУП "Издательство "Наука", 2018
© Редколлегия журнала "Вопросы ихтиологии" (составитель), 2018

ВОПРОСЫ ИХТИОЛОГИИ, 2018, том 58, № 1, с. 87–97

УДК 597.553.2.639.2.03

СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЧЕРНОМОРСКОЙ КУМЖИ *SALMO TRUTTA LABRAX* В РЕКЕ МЗЫМТА

© 2018 г. Д. С. Павлов[1], А. Е. Веселов[1, 2], В. В. Костин[1, *], Д. А. Ефремов[2], М. А. Ручьев[1, 2], С. Б. Туниев[3]

[1]*Институт проблем экологии и эволюции РАН – ИПЭЭ РАН, Москва*
[2]*Институт биологии Карельского научного центра РАН – ИБ КНЦ РАН, Петрозаводск*
[3]*Сочинский национальный парк*
**E-mail: povedenie@narod.ru*

Поступила в редакцию 04.08.2017 г.

Рассматриваются условия воспроизводства и распределение черноморской кумжи *Salmo trutta labrax* в бассейне р. Мзымта после строительства олимпийских объектов. Показано, что в главном русле р. Мзымта на протяжении 57 км от устья разрушена структура нерестово-выростных участков. Суммарная площадь этих участков в бассейне р. Мзымта составляет 572.8 тыс. м^2, 49% которой расположено выше плотины Краснополянской ГЭС и недоступно для миграции производителей проходной формы черноморской кумжи, занесённой в Красную книгу РФ. Как следствие, естественное воспроизводство проходной формы прекратилось. В верховьях р. Мзымта и в 19 её притоках, не затронутых строительством, сохранилась жилая форма кумжи. На участке русла длиной 2.4 км, расположенного ниже впадения притока Пслух, происходит естественное восстановление грунтов в результате схода селей и последующего размывания грунта потоком. На его части наблюдается заселение реки особями кумжи из незатронутых строительством мест обитания.

Ключевые слова: черноморская кумжа *Salmo trutta labrax*, условия воспроизводства, деструкция русла, техногенное загрязнение, зарегулированный сток, горная река.

DOI: 10.7868/S0042875218010101

Черноморская кумжа *Salmo trutta labrax* образует жилую и проходную форму (Барач, 1962). Проходная нагуливается в Чёрном море и занесена в Красную книгу Российской Федерации (2001). Особи жилой формы нерестятся и нагуливаются только в реках, в основном в притоках. Черноморская кумжа в 1940–1950-х гг. была распространена в реках бассейна достаточно широко (Крыжановский, Троицкий, 1954). В последнее время её анадромная форма зарегистрирована только в четырёх реках, включая Мзымту (Решетников, Пашков, 2009).

В период строительства олимпийских объектов в 2010–2014 гг. главное русло р. Мзымта и устья многих её притоков подверглись существенному антропогенному воздействию. На удалении до 51 км от устья (при общей длине реки 89 км) трансформированы отдельные участки русла, на них изменена глубина, скорость течения, фракционный состав грунта и структура подруслового потока. Это привело к уничтожению нерестово-выростных участков (НВУ) черноморской кумжи. В связи с этим представляет научный и практический интерес изучение условий обитания и распределения черноморской кумжи как при частичной деструкции русла, так и при естественном восстановлении НВУ после завершения строительства.

Цель работы – исследовать условия воспроизводства и распределение черноморской кумжи в главном русле и притоках р. Мзымта, находящихся в естественном состоянии и под влиянием антропогенного воздействия, а также оценить возможность естественного восстановления НВУ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Река Мзымта вытекает из оз. Кардывач. Длина реки 89 км, средний годовой расход воды 46.5 м^3/с, площадь водосборного бассейна 885 км^2, средний уклон 27%. В Мзымту впадают 577 притоков, их суммарная длина 1025 км (Ресурсы ..., 1964; Гидрологический ежегодник, 1971; Нагалевский, Чистяков 2001; Борисов, 1978, 2005). Кроме черноморской кумжи, доминирующей по биомассе, в р. Мзымта воспроизводились 15 видов рыб (Туниев, 1987; Дроган, 2002; Туниев, 2004, 2005, 2006, 2008; Решетников, Пашков, 2009). Пороги и перекаты главного русла и притоков р. Мзымта

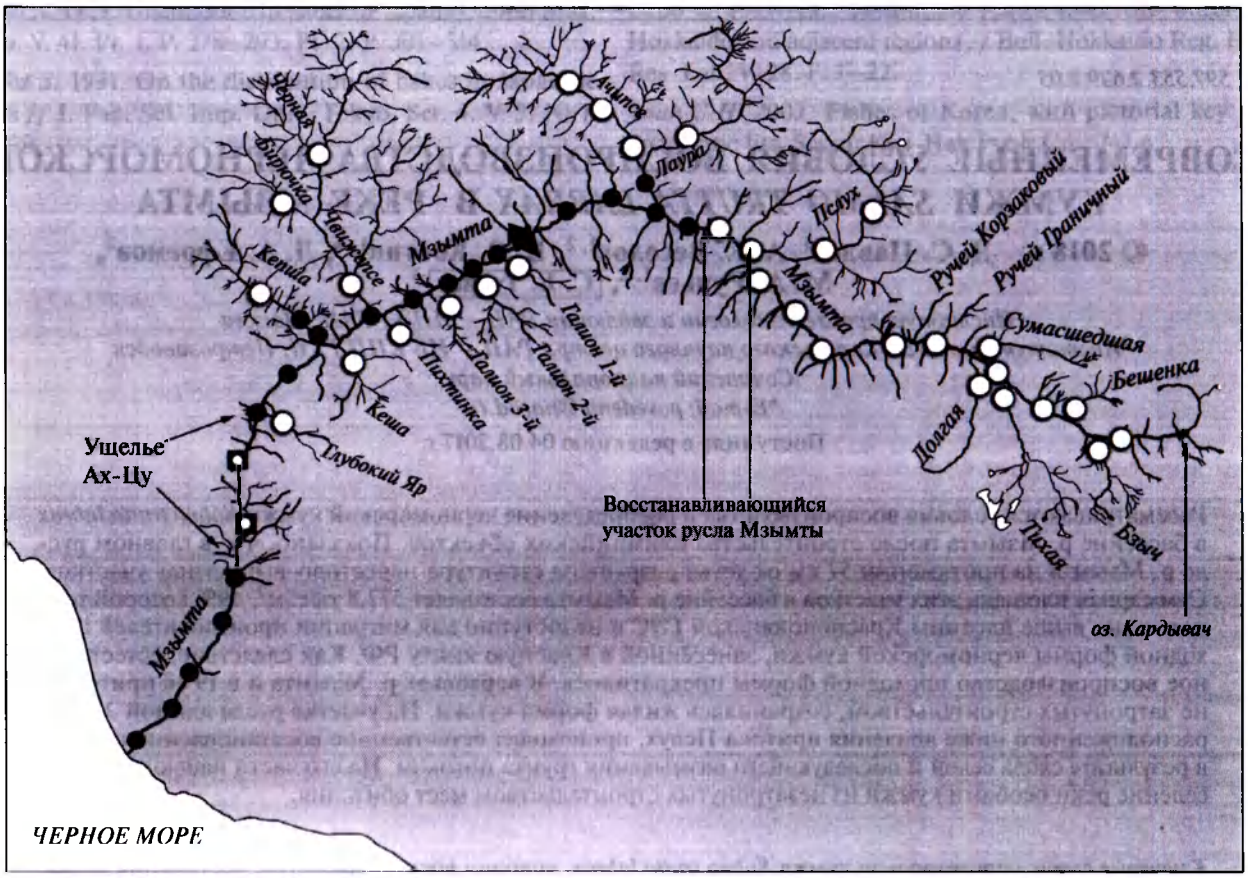

Рис. 1. Схема расположения станций сбора проб в бассейне р. Мзымта. Станции наблюдений: (●) – участки русла с нарушенной структурой грунта, особи кумжи *Salmo trutta labrax* не обнаружены, (○) – участки русла с естественной структурой грунта, особи кумжи зарегистрированы, (▣) – участки с естественной структурой грунта, особи

служат местами размножения проходной и жилой форм черноморской кумжи и обитания её молоди. На удалении 42 км от устья расположена действующая Краснополянская ГЭС, которая не имеет рыбопропускного сооружения и прерывает миграционный путь проходной черноморской кумжи к верхним НВУ.

Работы выполняли во второй половине августа–начале сентября в 2011–2014 гг., в период минимального уровня воды. Всего обследовано 52 станции, расположенные в главном русле и в притоках реки (рис. 1). Маршрутные съёмки притоков и главного русла от истока до устья выполняли по стандартным методикам (Кузьмин, 1974, 1985; Шустов, 1983; Обзор методов ..., 2000). Часть работ по обследованию НВУ выполняли с использованием фото- и видеотехники, в дальнейшем анализировали изображения. Оценивали площади НВУ и их качество: фракционный состав грунтов, скорости течения, глубины, степень заиления и зарастания.

Распределение черноморской кумжи в главном русле и притоках изучали методом подводных наблюдений (Wankowski, Thorpe, 1979; Павлов и др., 1981). Кроме того, плотность молоди кумжи и других видов рыб оценивали щадящим методом электролова на контрольных НВУ разного типа, площадью не менее 100 м^2, используя аппарат типа Fa-2 (Норвегия) (Zippin, 1958; Клыпуто и др., 1987). У всех отловленных рыб измеряли стандартную длину (*SL*) с точностью до 0.1 см и массу – до 0.01 г. Для подробного анализа оставляли репрезентативную выборку молоди разных возрастных групп из главного русла и некоторых притоков, а остальных рыб выпускали в реку. Всего за три года исследований зарегистрировано 1187 экз. черноморской кумжи, из них с помощью электролова – 411 экз., изъято для детального анализа 283 экз., выпущено в реку 128 экз.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием *t*-критерия Стьюдента, методов кластерного и дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ихтиофауна р. Мзымта

До начала строительных работ в р. Мзымта кроме черноморской кумжи ихтиофауна была представлена следующими видами: западнозакавказская ручьевая минога, или минога Нины *Lethenteron ninae*, микижа[1], или радужная форель *Parasalmo mykiss*, речной угорь *Anguilla anguilla*, южная быстрянка *Alburnoides bipunctatus fasciatus*, черноморско-азовская шемая *Chalcalburnus chalcoides mento*, колхидский усач *Barbus tauricus cubanicus*, колхидский подуст *Chondrostoma colchicum*, серебряный карась *Carassius auratus*, западнозакавказский пескарь *Gobio gobio lepidolaemus*, бобырец *Petroleuciscus borysthenicus*, голавль *Leuciscus cephalus*, малый рыбец *Vimba vimba tenella*, обыкновенный гольян *Phoxinus phoxinus*, горчак *Rhodeus sericeus*, трёхиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus*, речной бычок Родиона *Neogobius rhodioni*, бычок-цуцик *Proterorhinus marmoratus* (Туниев, 1987; Дроган, 2002; Туниев, 2004, 2005, 2006, 2008).

В конце августа–начале сентября 2011–2014 гг. в верховьях и притоках р. Мзымта помимо кумжи мы отметили всего пять видов: южную быстрянку, колхидского усача, западнозакавказского пескаря, обыкновенного гольяна и речного бычка Родиона. Это подтверждает ранее полученные данные Туниева (2005, 2006). В главном русле р. Мзымта, подвергшемся антропогенному воздействию, в 2011–2013 гг. единично встречались лишь бычок-цуцик, колхидский усач и южная быстрянка.

Состояние русла р. Мзымта

Русло Мзымты в верхнем и среднем течении прямое, умеренно разветвлённое. От истока до впадения притока Ачипсе в нём чередуются протяжённые пороги с короткими плёсами. Дно порогов сложено галечно-валунным грунтом, в русле верхней части реки много глыб. Местами встречаются водопады. Преобладающая ширина реки 25 м. Ниже Ачипсе на протяжении 45 км (до устья) ширина Мзымты изменяется от 40 до 70 м. На этом участке реки располагаются галечные перекаты, прерываемые через 200–400 м короткими плёсами. Глубина на перекатах составляет 0.2–0.6 м, на плёсах – 1.5–2.0 м, преобладающая глубина 1.5 м. Скорость течения варьирует от 0.4 до 2.9 м/с.

Выше впадения притока Пслух (52.9 км от устья) русло р. Мзымта находится в естественном состоянии. Ниже по течению в 2010–2013 гг. проведены масштабные гидростроительные работы. В результате русло реки было канализировано и углублено. Перемещение грунта привело к его перемешиванию и разрушению многослойной структуры, образующейся при естественной седиментации подвижного аллювия. Это нарушило подрусловой поток – важный фактор для естественной инкубации икры черноморской кумжи. Из русла изъяли крупные глыбы и валуны, служившие естественными гидравлическими препятствиями. Они регулировали структуру потока, его турбулентность, направление и скорость течения локальных струй – важнейшие факторы для жизни реофильных рыб. Нарушения речных грунтов наблюдаются от с. Эстосадок вниз по течению на протяжении 35 км (рис. 1), а также в приустьевой зоне (10 км). Вместе с тем участки основного русла в ущелье Ах-Цу на расстоянии 10–15 км от устья находятся в близком к естественному состоянию.

Кроме механических нарушений структуры дна в главном русле р. Мзымта выявлено сильное покрытие грунта глиной. Это связано со строительными работами в русле и отчасти с размытием склонов селевыми потоками. Покрытый глиной грунт стал малопригодным для многих реофильных обитателей реки, в том числе и для кормовых организмов молоди кумжи.

Грунты в естественном состоянии. На естественно сохранившихся участках русла р. Мзымта грунты представлены крупногалечными и валунными фракциями, преимущественно валунами средних и крупных размеров, часто перемежаемых отдельными глыбами (рис. 2а). Под валунами есть фракции песка и мелкой гальки. Однако чаще всего межвалунное пространство засыпано фракциями крупной и средней гальки (табл. 1). Основу типичных нерестовых грунтов составляют разноразмерная галька и мелкий валун, перемежаемые отдельными крупными валунами (не более одного–двух на 1 м^2 поверхности дна). В подложке есть фракция мелкой гальки и песка. Нерестовые грунты в хорошем состоянии сохранились в верховье главного русла (рис. 1), в притоках Чвижепсе, Ачипсе, Лаура и Пслух. Они также служат хорошим субстратом для мелких беспозвоночных организмов. В грунтах на выростных участках молоди кумжи преобладают фракции мелкого и среднего валуна. Крупные валуны создают на дне относительно устойчивую структуру локальных потоков и придонный турбулентный слой толщиной не менее 15–20 см. Подвижность крупновалунного грунта стабилизируется группой примыкающих друг к другу глыб или отдельно стоящими глыбами, разделёнными расстоянием от 0.4–0.8 до 2.5–3.5 м. Такие условия благоприятны для обитания оседлых рыб, таких как молодь кумжи (Веселов, Калюжин, 2001). Эти грунты также благоприятны для обитания крупных водных беспозвоночных организмов, где их плотность достигает 10–15

[1] Особи, потерянные с племенного форелеводческого завода "Адлер".

Таблица 1. Гранулометрический состав грунтов р. Мзымта и притоков, %

Участки	Валуны			Галька			Песок, < 0.35 см
	крупные, 25–50 см	средние, 10–25 см	мелкие, 5–10 см	крупная, 2.5–5.0 см	средняя, 1.5–2.5 см	мелкая, 0.35–1.5 см	
Нерестовые	2 ± 1	3 ± 1	15 ± 4	20 ± 6	25 ± 5	30 ± 5	5 ± 3
Выростные	5 ± 1	25 ± 6	35 ± 5	15 ± 5	10 ± 4	5 ± 2	5 ± 3
Разрушенные	0	0	5 ± 3	30 ± 11	35 ± 12	15 ± 9	15 ± 7
Восстанавливающиеся	5 ± 2	15 ± 7	25 ± 12	20 ± 11	10 ± 5	5 ± 3	20 ± 5

экз/10 см^2, что создаёт хорошую кормовую базу для кумжи.

Скорости течения в обследованных притоках варьируют в пределах 0.3–0.9 м/с, местами до 1.1–1.3 м/с, глубины – 5–70 см, что в целом характерно для высокопродуктивных кумжевых рек (Веселов, Калюжин, 2001). В малых притоках кормовая база (бентосные беспозвоночные) развита лучше, чем в русле р. Мзымта. Многочисленные валунные

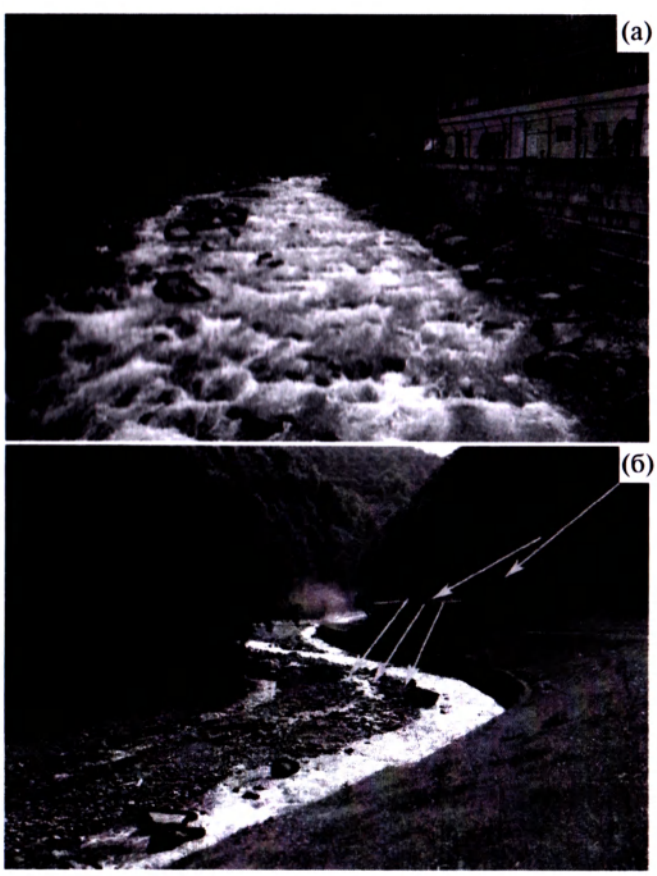

Рис. 2. Естественный (а) и канализированный (б), находящийся в процессе восстановления рельефа, фракционного состава грунтов и гидрологического режима, участки русла; место сброса селевых потоков в русло р. Мзымта (ниже притока Пслух) через специальный трамплин над дорогой; (→) – траектории схода селей, обведены глыбы.

укрытия и перепады рельефа формируют оптимальный для рыб гидравлический режим (структуру и скорости течений, турбулентность).

Грунты нарушенных участков р. Мзымта. На участках р. Мзымта ниже притока Пслух (рис. 1) русло было полностью изменено – превращено в канал шириной 12–15 м. Грунты нарушенных участков характеризуются преобладанием гальки разных размеров и песка; крупных валунов и глыб практически нет (табл. 1), так как при строительстве их специально изымали. Таким образом, в результате строительных работ в главном русле участки с естественными грунтами практически уничтожены. Это привело к резкому ухудшению гидрологических условий обитания и воспроизводства реофильной биоты.

Естественное восстановление русла. На участке р. Мзымта ниже притока Пслух (рис. 1) русло было полностью изменено. Данный участок в канализированном виде просуществовал до осенне-зимних паводков 2013 г. Затем в результате часто сходивших селевых потоков полностью изменился фракционный состав грунта. Селевые потоки обогатили русло разноразмерными фракциями грунта, в том числе и глыбами (рис. 2б). Глубины уменьшились до 0.3–0.5 м, появились многочисленные отмелевые косы, наносные островки и образовались протоки. Поверхностная скорость течения в русле снизилась с 1.5–1.7 до 0.8–1.2 м. В результате пойма реки расширилась до 50–60 м, как это и было до строительства. Такие важные для воспроизводства черноморской кумжи гидрологические показатели, как рельеф русла реки, глубины, скорости течения, стали почти такими же, как на естественных участках её обитания. Для рыб появились укрытия, структура течений стала разнообразной и более благоприятной для роста и развития молоди. В целом на отрезке реки от притока Пслух до с. Эстосадок возникли участки, пригодные для обитания и миграций кумжи. Однако это небольшой по протяжённости участок реки – всего около 2.4 км из 57 км разрушенного русла. Процесс самовосстановления рельефа и грунтов русла пока ещё не распространяется ниже Краснополянской ГЭС, где берег укреплён

и нет селей, но до строительства там были основные НВУ проходной черноморской кумжи.

Фракционный анализ грунта после схода и размывания селей показал преобладание в русле крупных и средних валунов, крупной и средней гальки, местами имеется значительное количество песка. Появились отдельные глыбы (табл. 1). Такой фракционный состав, когда преобладают валунные фракции, характерен для горных рек Кавказа. При высоких уклонах (до 6–12 м/км) глыбы и валуны создают благоприятную для рыб структуру потока. В целом гранулометрический состав грунта на этом участке приближается к составу грунта на естественных участках реки.

Восстановление кормовой базы кумжи

Наши специальные исследования в 2011–2013 гг. (Baryshev et al., 2017) показали, что зообентос в верховьях р. Мзымта и небольших притоках, расположенных выше объектов строительства, в период строительства и после его завершения находился в естественном состоянии. В донных сообществах преобладают личинки насекомых: по численности – хирономид (Chironomidae), а по биомассе – ручейников (Trichoptera). На участках р. Мзымта, затронутых строительством, резко снизилась биомасса и видовое разнообразие зообентоса, получили развитие пеллофильные личинки хирономид, а реофильные виды, характерные для чистых галечно-валунных грунтов и формирующие основу пищи молоди лососёвых рыб, исчезли. Кормовая база черноморской кумжи существенно обеднела.

Рис. 3. Дендрограмма результатов кластерного анализа близости нарушенных участков (1) речной системы, естественных участков (2) и участка в процессе восстановления (3) по шести параметрам состояния зообентоса (по: Baryshev et al., 2017).

После окончания строительства на участке с восстановившимися грунтами уже через год наблюдался процесс восстановления видового состава и биомассы зообентоса, служащего кормовой базой для молоди черноморской кумжи. Кластерный анализ показал (рис. 3), что по шести показателям (число видов или таксономических групп, плотность кормовых организмов, их биомасса, индексы Шеннона по численности и биомассе, сапробность) наиболее близки между собой естественные участки речной системы и участок в процессе восстановления. Евклидово расстояние между ними составляет всего 10% от максимального отмеченного для нарушенных участков и участков в процессе восстановления. Это

Таблица 2. Длина (*SL*) и масса черноморской кумжи *Salmo trutta labrax* разных возрастных групп в бассейне р. Мзымта, август–сентябрь 2011–2014 гг.

Возраст, лет	Пол	Число рыб, экз.	*SL*, см		Масса, г	
			$M \pm m$	min–max	$M \pm m$	min–max
0+	Н/о	95	6.9 ± 0.77	4.9–8.9	3.49 ± 1.09	1.06–6.79
	Самцы	5	8.1 ± 0.28	7.8–8.4	5.25 ± 0.46	4.54–5.68
1+	Н/о	5	11.1 ± 0.67	10.2–11.7	16.29 ± 2.71	13.21–19.31
	Самцы	8	11.6 ± 1.00	10.1–12.9	15.45 ± 3.13	10.02–18.62
	Самки	71	10.1 ± 1.61	8.4–13.1	11.22 ± 5.23	8.61–11.22
2+	Н/о	21	12.9 ± 0.74	11.4–14.1	22.36 ± 2.49	17.25–27.26
	Самцы	15	13.1 ± 1.69	12.2–14.3	23.30 ± 8.51	16.30–32.27
	Самки	20	13.1 ± 2.34	11.9–14.3	21.50 ± 8.47	17.24–33.72
3+	Н/о	18	14.2 ± 1.06	13.2–15.4	30.23 ± 5.63	24.46–38.70
	Самцы	18	15.0 ± 3.46	13.5–17.0	33.60 ± 15.13	25.30–49.11
	Самки	19	15.0 ± 1.54	12.2–15.8	26.50 ± 7.79	16.30–44.08
4+	Самцы	5	18.2 ± 1.95	15.8–21.1	57.60 ± 19.60	45.20–90.06
	Самки	17	17.9 ± 3.96	10.7–22.7	69.50 ± 33.48	43.81–109.50

Примечание. $M \pm m$ – среднее значение и его ошибка, min–max – пределы варьирования показателя; н/о – пол не определяли, так как особи выпущены в реку.

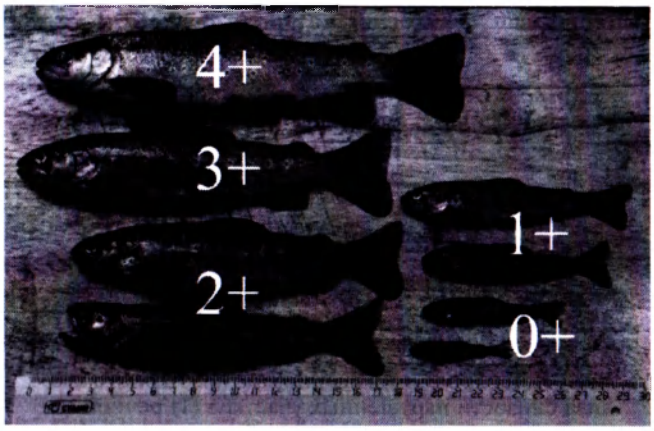

Рис. 4. Особи жилой черноморской кумжи *Salmo trutta labrax* разного возраста (0+–4+) в сентябре.

свидетельствует о постепенном восстановлении кормовой базы черноморской кумжи на тех участках, где благодаря воздействию селей восстанавливается естественная структура русла реки.

Состояние популяции черноморской кумжи в бассейне р. Мзымта

В р. Мзымта черноморская кумжа образует проходную и жилую формы. По опросным данным, производители *проходной формы* заходили в Мзымту до 2011 г.; с 2013 по 2016 гг. включительно проходных особей в реке не отмечали. В наших наблюдениях смолты и производители этой формы не обнаружены.

Размерный и возрастной состав. Анализ отловленных диких особей кумжи разных возрастных групп (табл. 2, рис. 4) показал, что сеголетки к сентябрю достигают *SL* 4.9–8.9 см и массы 1.06–6.79 г. У кумжи в возрасте 1+ длина варьирует в пределах 8.4–13.1 см, масса – 8.61–19.31 г; в возрасте 2+ – соответственно 11.4–14.3 см и 16.30–33.72 г. По длине и массе отловленные на разных станциях рыбы не различались (*t*-критерий Стьюдента, $p \geq 0.45$; однофакторный дисперсионный анализ $p \geq 0.33$).

Для возрастного состава черноморской кумжи было характерно практически равномерное уменьшение численности особей с увеличением возраста от 33.2% (0+) до 8.2% (4+). На разных станциях доли особей разных возрастов не различались (критерий Стьюдента для долей: $p \geq 0.66$; однофакторный дисперсионный анализ: $p \geq 0.44$).

Особи жилой формы черноморской кумжи (рис. 5), как самцы, так и самки, в возрасте 3–5 лет становятся половозрелыми (рис. 5а, 5в). Абсолютная плодовитость самок невелика и составляет всего 25–75 икринок. С учётом этих

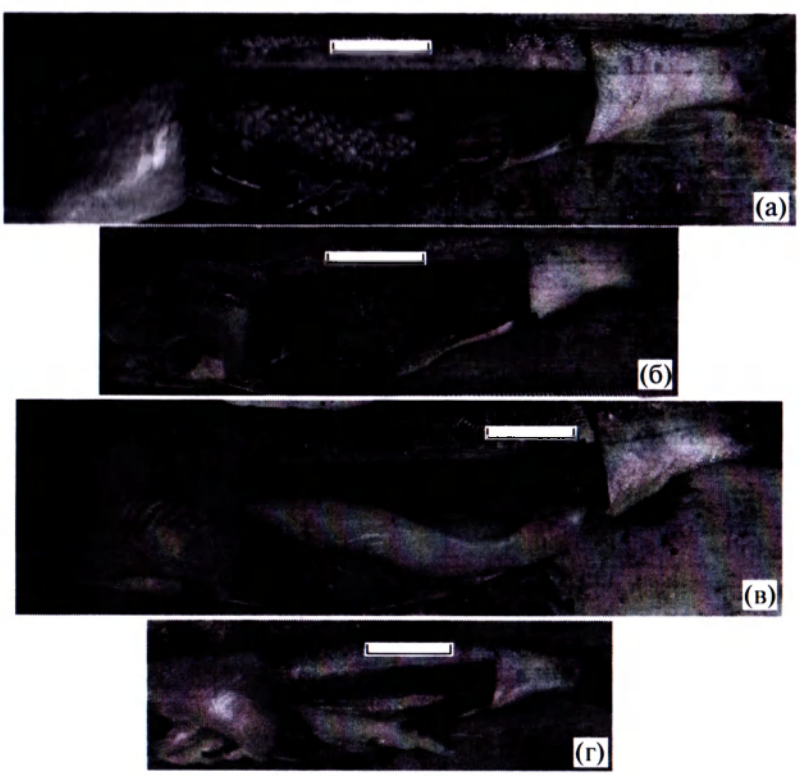

Рис. 5. Гонады IV стадии зрелости жилых (а, в) и карликовых (б, г) самок (а, б) и самцов (в, г) черноморской кумжи *Salmo trutta labrax*, август 2009 г.: а – возраст 3+, *SL* 17.8 см; б – 1+, *SL* 12.0 см; в – 3+, *SL* 17 см; г – 1+, *SL* 10.8 см. Масштаб: 2 см.

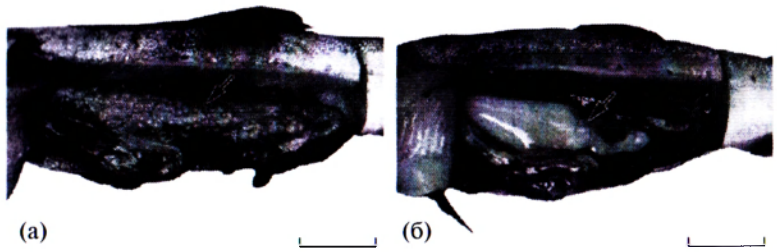

Рис. 6. Гонады карликовых особей черноморской кумжи *Salmo trutta labrax*: а – яичник, присутствуют как крупные ооциты, так и резорбирующиеся мелкие клетки (→); б – семенник с поперечной перетяжкой (→). Масштаб: 2 см.

данных и средней плотности мальков кумжи 12–17 экз/100 м^2 (см. ниже) расчётная смертность на первом году жизни (Обзор методов ..., 2000; Веселов, Калюжин, 2001) находится в пределах 64–93%.

В 2008–2009 гг. в р. Мзымта мы обнаружили карликовых особей черноморской кумжи: как самцов, так и самок (Pavlov et al., 2010). В 2012 г. было подтверждено наличие карликовых самцов и самок в р. Мзымта и её притоках. Половой зрелости такие особи достигают в более раннем возрасте по сравнению с жилой формой – на 2-м году жизни (рис. 5б, 5г). В сентябре гонады карликовых самок находятся на IV–V стадиях зрелости. Яичники содержат ооциты, цитоплазма которых полностью заполнена желтком, имеющим гомогенную структуру (рис. 6а). Часто между крупными половыми клетками расположены более мелкие ооциты, находящиеся в состоянии резорбции. Половые железы карликовых самцов находятся на IV стадии зрелости. Некоторые семенники имеют анатомические аномалии, выраженные в формировании поперечных перетяжек (рис. 6б).

Распространение. В верхней части основного русла р. Мзымта протяжённостью около 30 км жилые формы кумжи распространены от водопада Изумрудный (3 км ниже оз. Кардывач) и до впадения притока Пслух (рис. 1). Площадь НВУ на этом отрезке реки, включая семь притоков, составляет 131.6 тыс. м^2. Плотность молоди варьирует в пределах 10–20 (в среднем 16) экз/100 м^2 (табл. 3).

Водопад Изумрудный – верхняя граница обитания кумжи, расположенный ниже оз. Кардывач на 700 м, определяется не его высотой, а температурным режимом. Вода, которая вытекает из озера, имеет температуру летом всего 4.8 °С. После водопада температура воды на 1.5 °С выше – 5.5–6.5 °С. В этих условиях половозрелые экземпляры кумжи встречаются ниже водопада. Их плотность не превышает 3–5 экз/100 м^2. Молоди кумжи здесь практически нет, так как нерест кумжи в основном происходит в небольших притоках, ширина которых не превышает 1.5–2.5 м. Однако в местах впадения притоков в главное русло, как правило, возникают бочажки, в которых и скапливается разновозрастная (0+–2+) молодь кумжи. Здесь её плотность может составлять от 7 до 28 экз/100 м^2. В притоках старшие возрастные группы молоди преимущественно занимают небольшие ямы глубиной 40–60 см, расположенные за многочисленными сливами. Сеголетки распределяются на галечных участках с глубинами 5–15 см. Нерест половозрелых рыб происходит на удалении до 300–500 м от устья притоков. Нерестовые участки в ручьях небольшие по площади – всего 0.7–2.5 м^2, на них нерестится не более одной–двух пар производителей. На протяжении 100 м ручья может располагаться от двух до пяти нерестовых участков.

На участке от р. Пслух до Краснополянской ГЭС в Мзымту впадает р. Ачипсе с притоком II порядка р. Лаура (рис. 1). Населяемая кумжей площадь НВУ русла и притоков составляет 57.2, а с учётом потенциала – 150.2 тыс. м^2 (табл. 3). В Ачипсе кумжа встречается выше на 800–1000 м от места впадения Лауры и вверх до впадения притока II порядка р. Туровая. Плотности молоди кумжи разных возрастных групп достигают 27 экз/100 м^2. На глубоких участках – в бочагах длиной 6–12 м – обитают половозрелые особи, обычно их плотность составляет 6–8 экз/100 м^2. Вода на НВУ в притоке Ачипсе высокого качества, прозрачная; грунт преимущественно валунно-галечный, основу составляет мелкий и средний валун, встречаются глыбы. Скорости течения изменяются в пределах 0.6–1.4 м/с на порогах и 0.2–0.5 м/с – в бочагах. В Лауре кумжа распространена на почти половине её длины. Плотность молоди кумжи наиболее высокая – до 34 экз/100 м^2. Этому способствуют НВУ высокого качества: валунно-галечный грунт, чистая вода, глубины 0.4–0.9 м, скорость течения 0.5–1.4 м/с.

Черноморская кумжа из мест обитания, расположенных выше плотины ГЭС, не может мигрировать на нагул в море, так как плотина не имеет рыбопропускных сооружений. Из притоков, впадающих в р. Мзымта ниже плотины, теоретически кумжа может мигрировать в море.

Ниже Краснополянской ГЭС площадь НВУ в р. Мзымта (с притоками) составляет 68.5, а с учётом потенциальных НВУ – 291.0 тыс. м^2. В русле самой Мзымты кумжа практически не встречалась

Таблица 3. Плотность молоди кумжи *Salmo trutta labrax* на нерестово-выростных участках (НВУ) в разных частях бассейна р. Мзымта, 2011–20014 гг.

Водоток	Длина водотока, км		Фактическая и (потенциальная[2]) площадь НВУ, тыс. м^2	Плотность кумжи, экз/100 м^2
	общая	обитаемых участков[1]		
	От водопада Изумрудный до впадения р. Пслух			
Мзымта	31.6	28.6	90.0	16
Бешенка	3.7	1.0	1.1	18
Бзыч	6.3	2.6	2.0	15
Тихая	9.2	4.3	3.3	13
Сумасшедшая	6.4	2.3	1.5	12
Долгая	7.5	3.4	3.9	10
Карзаковый	3.1	1.9	2.3	10
Пслух	14.6	9.5	27.5	20
Всего (в среднем)	82.4	[illegible]	131.6	(16)
	От впадения р. Пслух до плотины Краснополянской ГЭС			
Мзымта:				
– восстанавливающийся участок	2.4	2.0	3.1	8
– остальное русло до плотины	10.7	0	0 [93.0]	0
Ачипсе	17.9	8.5	27.2	27
Лаура	15.2	6.4	26.9	28
Всего (в среднем)	46.2	16.9	57.2 [150.2]*	(26)
	Ниже плотины Краснополянской ГЭС			
Мзымта	42.3	0	5.5 [222.5]	0
Чвижепсе	17.0	12.5	41.3	22
Черная	5.7	2.7	3.1	16
Бюрючка	7.2	3.3	4.0	22
Кешпа	9.2	3.8	7.2	7
Галеон 1	3.1	1.2	0.9	9
Галеон 2	4.7	2.9	2.3	7
Галеон 3	4.4	2.6	1.8	11
Пихтинка	3.9	1.5	0.8	8
Кеша	2.8	0.8	0.7	6
Глубокий Яр	4.1	1.1	0.9	11
Всего (в среднем)	104.4	32.4	68.5 [291.0]*	(17)
Итого по бассейну	233.0	102.9	257.3 [572.8]*	(19)

Примечание. [1]В притоках протяжённость обитаемого участка изменяется в зависимости от водного режима; [2]площади НВУ, которые сможет использовать кумжа после рекультивации русла; *общая (фактическая и потенциальная) площадь НВУ.

(рис. 1). Наиболее крупные и качественные НВУ находятся в р. Чвижепсе с притоками II порядка Бирючка и Черная (48.4 тыс. м^2). Плотность молоди кумжи в них местами достигает 27 экз/100 м^2. В группе притоков р. Чвижепсе вода прозрачная, НВУ высокого качества, грунт преимущественно валунно-галечный, местами встречаются глыбы. Глубины варьируют от 0.2 до 0.9 м, на порогах скорость течения изменяется в пределах 0.4–1.3 м/с, в бочагах – 0.2–0.5 м/с. В других притоках Мзымты (Галеон 1, 2, 3, Пихтинка, Кеша, Глубокий Яр) плотность молоди кумжи весьма низкая, всего 6–11 экз/100 м^2, что определяется недостаточными глубинами, низкими скоростями течения и во многих местах малопригодным, мелким грунтом.

Следует отметить, что ранее распространение черноморской кумжи с оценкой её плотности в бассейне р. Мзымта почти не изучали. Наши исследования показали, что особи жилой формы кумжи нерестятся и обитают в верхней части русла р. Мзымта и её 19 притоках (рис. 1, табл. 3). На протяжении главного русла р. Мзымта от с. Эстосадок и до устья дикая кумжа не обнаружена, местами встречалась сильно истощённая

заводская молодь. Её питание было затруднено из-за техногенного влияния: на протяжении двух лет вода была серая, прозрачностью не более 15–40 см по диску Секки, и, вероятно, ограниченная видимость не позволяла молоди питаться.

На восстанавливающемся участке русла Мзымты уже в 2014 г. ниже притока Пслух на 150–700 м стала встречаться молодь черноморской кумжи в возрасте 1+, 2+ и 3+. Плотность этих возрастных групп не велика – 6–13 экз/100 м^2. Сеголетки на этом участке не обнаружены. Можно предположить, что молодь мигрировала с верхнего естественного участка главного русла или из притока Пслух. Молодь распределялась в основном вдоль берега на глубинах 0.15–0.45 см. Скорость течения у поверхности воды на участках обитания изменялась в пределах 0.6–1.3 м. Ещё ниже на 1.0–2.4 км по течению, перед с. Эстосадок, плотность молоди кумжи снизилась до 1–3 экз/100 м^2. Однако в двух местах отловлено 11 сеголеток. Это свидетельствует о наличии естественного нереста.

Влияние Краснополянской ГЭС на миграции кумжи. Краснополянская ГЭС построена на р. Мзымта в 42 км от устья, отделяя 47 км выше расположенного русла с многочисленными притоками. ГЭС имеет четыре радиально-осевых турбины со скоростью вращения 500 об/мин. Глубина верхнего бьефа около 8 м. Забор воды для ГЭС осуществляется из верхних горизонтов (0–2.4 м), что соответствует горизонту ската смолтов лососёвых рыб. В период исследований режим работы ГЭС был постоянным. На Краснополянском гидроузле отсутствуют сооружения как для пропуска нерестовых мигрантов в верховья реки, так и пропуска покатной молоди и отнерестившихся производителей кумжи из верхнего в нижний бьеф. Расчёт вероятности механического травмирования рыб при прохождении через турбины ГЭС (рис. 7), проведённый по методике, апробированной нами на Верхне-Туломской ГЭС (Pavlov et al., 2001), показывает, что все смолты черноморской кумжи (*SL* 90–150 мм) и большинство сеголеток будут травмированы и погибнут при скате через турбины. Следовательно, Краснополянская ГЭС не обеспечивает безопасный пропуск молоди кумжи в нижний бьеф и её миграцию в море.

Таким образом, черноморская кумжа распространена в верхнем течении р. Мзымта до впадения р. Пслух, а также в расположенных ниже притоках. В 2012–2013 гг. черноморская кумжа воспроизводилась на естественных участках, не подвергшихся деструкции строительными работами, а в 2014 г. – и на восстанавливающемся участке (рис. 1). Суммарная (с учётом потенциальной) площадь НВУ черноморской кумжи в бассейне р. Мзымта составляет 572.8 тыс. м^2. Из них выше плотины Краснополянской ГЭС расположено 281.8 тыс. м^2, а ниже неё – 291.0 тыс. м^2.

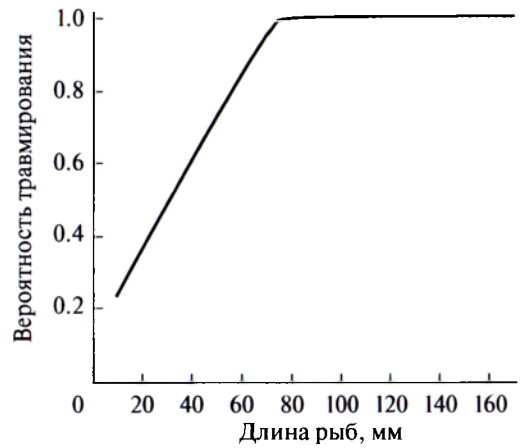

Рис. 7. Вероятность механического травмирования рыб при скате через турбины Краснополянской ГЭС в зависимости от длины их тела.

Выявленные НВУ составляют внушительный нерестово-выростной фонд, который в настоящее время на 49% недоступен для проходной формы черноморской кумжи из-за плотины Краснополянской ГЭС, препятствующей миграции производителей. Гидроузел Краснополянской ГЭС не отвечает нормам по защите ихтиофауны в целом и видов, занесённых в Красные книги Российской Федерации и Краснодарского края, – в частности. Необходима разработка биологического обоснования пропуска нерестовых и покатных мигрантов черноморской кумжи через плотину Краснополянской ГЭС.

ВЫВОДЫ

1. Естественное воспроизводство проходной формы черноморской кумжи в бассейне р. Мзымта практически прекратилось из-за загрязнения главного русла и механического разрушения НВУ в период строительства олимпийских объектов.

2. В настоящее время естественное воспроизводство жилой черноморской кумжи сохранилось в 19 притоках р. Мзымта, не затронутых олимпийским строительством, а также в главном русле выше впадения р. Пслух. Основные притоки имеют НВУ высокого качества и достаточную кормовую базу для молоди кумжи.

3. В главном русле в районе строительства олимпийских объектов (от р. Пслух и до курорта Роза Хутор), где были разрушены НВУ, благодаря сходам селевых потоков происходит естественное восстановление гидрологической структуры порогов и перекатов. В результате кумжа постепенно сверху заселяет этот район русла, а в его верхней

части длиной 2.4 км возобновился её естественный нерест.

4. Краснополянская ГЭС не имеет рыбопропускных сооружений и является основным препятствием для проходной кумжи. Это исключает её нерест выше плотины, где расположено 49% качественных НВУ р. Мзымта. Оборудование ГЭС не обеспечивает безопасный пропуск покатной молоди в нижний бьеф. Необходимо проектирование и строительство рыбохода и рыбоспускного сооружения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников Сочинского национального парка и Б.С. Туниева лично за помощь в проведении исследований.

Сбор материалов выполнен при финансовой поддержке программы президиума РАН № 4 "Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений и техногенных катастроф..."; обработка материалов и подготовка публикации – при поддержке гранта РНФ № 14-14-01171П.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барач Г.П. 1962. Черноморская кумжа (лосось-форель). Тбилиси: Изд-во АН ГССР, 111 с.

Борисов В.И. 1978. Реки Кубани. Краснодар: Кубан. книж. изд-во, 79 с.

Борисов В.И. 2005. Реки Кубани. Краснодар: Кубан. книж. изд-во, 120 с.

Веселов А.Е., Калюжин С.М. 2001. Экология, поведение и распределение молоди атлантического лосося. Петрозаводск: Карелия, 160 с.

Гидрологический ежегодник. 1971. Бассейны рек Кавказа. Т. 3. Вып. 2. Тбилиси: УГМС Грузинской ССР, 169 с.

Дроган В.А. 2002. Ихтиофауна Сочинского национального парка // Биоразнообразие и мониторинг природных экосистем в Кавказском государственном природном биосферном заповеднике. Новочеркасск: Дорос. С. 124–129.

Клыпуто В.С., Смирнов Ю.А., Шустов Ю.А., Маслов С.Е. 1987. Эффективность использования аппаратов электролова ранцевого типа БТ-1 "Форель" на лососевых реках европейского Севера // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. Вып. 260. С. 121–125.

Красная книга Российской Федерации (животные). 2001. М.: АСТ; Астрель, 862 с.

Крыжановский С.Г., Троицкий С.К. 1954. Материалы об ихтиофауне рек Черноморского побережья (в пределах Краснодарского края) // Вопр. ихтиологии. Вып. 2. С. 144–150.

Кузьмин О.Г. 1974. Значение малых рек Терского побережья в естественном воспроизводстве семги *Salmo salar* L. // Тез. докл. IX сессии учен. совета: "Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского Севера". Петрозаводск: РИО КФАН. С. 115–117.

Кузьмин О.Г. 1985. К биологии семги малых лососевых рек Восточного Мурмана // Экология и воспроизводство проходных лососевых рыб в бассейне Белого и Баренцева морей. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 25–41.

Нагалевский Ю.Я., Чистяков В.И. 2001. Физическая география Краснодарского края. Краснодар: Северный Кавказ, 256 с.

Обзор методов оценки продукции лососевых рек. 2000 / Под ред. Студенова И.И. Архангельск: Издат. центр АГМА, 47 с.

Павлов Д.С., Мочек А.Д., Капустин С.Н. 1981. Дневное распределение рыб в реке, по данным подводных наблюдений // Вопр. ихтиологии. Т. 21. Вып. 1. С. 177–180.

Ресурсы поверхностных вод СССР. 1964. Гидрологическая изученность. Т. 9. Закавказье и Дагестан. Вып. 1. Западное Закавказье / Под ред. Джапаридзе Т.Н. Л.: Гидрометеоиздат, 224 с.

Решетников С.И., Пашков А.Н. 2009. Экосистемы малых рек Черноморского побережья Северо-Западного Кавказа. Краснодар: Биотех-Юг, 152 с.

Туниев Б.С. 1987. Ихтиофауна Кавказского заповедника // Охрана природы Адыгеи. Вып. 3. Майкоп: Краснодар. книж. изд-во. С. 169–173.

Туниев С.Б. 2004. К ихтиофауне бассейна реки Псахе (Лазаревский район, Сочи) // Проблемы устойчивого развития регионов юга России. Сочи: Изд-во Сочин. НИЦ РАН. С. 206–207.

Туниев С.Б. 2005. Современное состояние и перспективы изучения ихтиофауны Сочинского национального парка // Проблемы устойчивого развития регионов рекреационной специализации. Сочи: Изд-во Сочин. НИЦ РАН. С. 163–174.

Туниев С.Б. 2006. К ихтиофауне Сочинского национального парка // Инвентаризация основных таксономических групп и сообществ, социологические исследования Сочинского национального парка – первые итоги первого в России национального парка. М.: Престиж. С. 187–194.

Туниев С.Б. 2008. Экзотермальные позвоночные Сочинского национального парка: таксономический состав, зоогеография и охрана: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб.: ЗИН РАН, 24 с.

Шустов Ю.А. 1983. Экология молоди атлантического лосося. Петрозаводск: Карелия, 152 с.

Baryshev I.A., Veselov A.E., Efremov D.A. et al. 2017. Benthic disturbance-recovery dynamics after construction impact in mountain River Mzymta (Sochi, Black Sea Basin) // Turkish J. Fish. Aquat. Sci. V. 17. P. 1245–1251.

Pavlov D.S., Lupandin A.I., Kostin V.V. et al. 2001. Migration of the Atlantic salmon (*Salmo salar*) under the regulated flow

of the Tuloma River (Kola Peninsula) // J. Ichthyol. V. 41. Suppl. 2. P. 180–224.

Pavlov D.S., Kostin V.V., Nechaev I.V. et al. 2010 Hormonal status in different phenotypic forms of Black Sea trout *Salmo trutta labrax* // Ibid. V. 50. № 11. P. 985–996.

Wankowski J.W.J., Thorpe J.E. 1979. Spatial distribution and feeding in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. juveniles // J. Fish. Biol. V. 14. № 3. P. 239–248.

Zippin C. 1958. The removal method of population estimation // J. Wildlife Management. V. 22. № 1. P. 82–90.