

ЭКОЛОГИЯ

УДК 597-1.044

ПРИЧИНЫ ГИБЕЛИ СИБИРСКОЙ РЯПУШКИ В НЕРЕСТОВОЙ РЕКЕ ЩУЧЬЯ БАССЕЙНА ОБИ

А. К. Матковский, В. Я. Ширшов, И. А. Кривенко, П. Ю. Савчук,
А. И. Коваленко, И. Ю. Макаренкова, Л. А. Семенова, В. Б. Степанова,
Г. Х. Абдуллина, Н. С. Князева, Т. В. Захарова

ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства», г. Тюмень

В статье анализируются причины гибели сибирской ряпушки в нерестовой р. Щучья. Для выяснения этих причин изучался гидрологический, гидрохимический, гидробиологический, токсикологический, ихтиопатологический и ихтиологический материал. Отмечается, что р. Щучья в период гибели ряпушки по большинству анализируемых показателей являлась чистой. Лишь в районе населенных пунктов вода характеризовалась как умеренно загрязненная. Вода отличалась низкими показателями минерализации, биогенных элементов и органических веществ, а также высокой концентрацией растворенного кислорода. Из отрицательных факторов выделены высокий прогрев и закисление воды, а также значительная степень инвазии ряпушки ихтиокотилурусом. Гибель рыбы происходила в результате комплексного влияния всех этих факторов. Погибали в основном наиболее подверженные инвазии особи. Гибель рыбы наступала вследствие гипоксии, обусловленной нарушением работы сердечной мышцы и увеличением скорости обменных процессов.

Ключевые слова: сибирская ряпушка; гибель; температура; паразиты; гипоксия.

Введение

В середине июля 2016 г. в начальный период нерестовой миграции сибирской ряпушки (*Coregonus sardinella* Valenciennes, 1948) в р. Щучья была отмечена ее массовая гибель. По ориентировочной оценке, погибло около 90 т ряпушки. Кроме ряпушки, в реке единично встречались погибшие особи налима. Гибель регистрировалась не только в реке, но и в Обской губе, причем на достаточно большом расстоянии от р. Щучья. Со слов местных жителей, погибшую рыбу видели вдоль берега бухты Новый Порт. Причем в Обской губе наряду с ряпушкой присутствовал ерш и другие виды рыб.

При отсутствии антропогенного воздействия гибель рыбы в летний период обычно происходит в результате заморных процессов. Однако р. Щучья в верхнем течении является горной рекой, относящейся к Полярному Уралу, и вода в летнее время всегда отличается высоким содержанием растворенного кислорода. Как для большинства рек, имеющих основное питание за счет атмосферных осадков, таяния снега и ледников, холодные и чистые воды реки в верхнем и среднем течении соответствуют всем необходимым условиям для развития икры сиговых, хариусовых и лососевых видов рыб. В реке расположены одни из основных нерестилищ сибирской ряпушки, которая большую часть жизни проводит в Обской губе. По биологии заходящая в р. Щучья популяция ведет полупроходной образ жизни. Нерестилища ряпушки главным образом расположены в 250 км от устья реки [1], хотя определенная часть мо-

© А. К. Матковский, В. Я. Ширшов, И. А. Кривенко, П. Ю. Савчук, А. И. Коваленко, И. Ю. Макаренкова, Л. А. Семенова, В. Б. Степанова, Г. Х. Абдуллина, Н. С. Князева, Т. В. Захарова

жет подниматься выше 300 км [2]. В местах основных нерестилищ скорость течения относительно невысокая — 0,3–0,4 м/с.

Целью работы являлось разобраться в причинах гибели ряпушки в р. Щучья путем проведения гидрологических, гидрохимических, токсикологических, гидробиологических, ихтиопатологических и ихтиологических исследований.

Материал и методы исследования

Сбор материала осуществляли с 25 июля по 4 августа в р. Щучья на 49 км от ее устья

(район пос. Седельниково). Рыбу для анализа брали из промысловых уловов. Кроме того, в распоряжение ихтиологов были предоставлены замороженные образцы погибшей рыбы.

В период наблюдений ежедневно измеряли температуру воды (2 горизонта), насыщение воды кислородом (2 горизонта), температуру воздуха (1,5 м над землей), уровень воды в р. Щучья. Кроме того, отбирали пробы воды, донных отложений и отложений на проведение различных видов анализов (табл. 1).

Таблица 1 — Объем собранного и обработанного материала

Предмет	Объект	Количество проб и особей, шт.; экз.
Химия	Вода	7
	Донные отложения	5
Токсикология	Вода (биотестирование)	8
Гидробиология	Фитопланктон	5
	Зоопланктон	5
	Зообентос	5
Ихтиология	Рыба (биологический анализ)	138
	Рыба (массовые промеры)	200
	Рыба (изучение паразитофауны)	8

Отбор и обработка проб на химический анализ произведены согласно ГОСТ 17.1.5.04-81 и ГОСТ 17.1.5.05-85.

Изучение фитопланктона проводили по общепринятой методике [3]. Качество вод по фитопланктону оценивали исходя из комплексной экологической классификации [4].

Отбор проб зоопланктона осуществляли методом слива 100 л воды через планктонную сеть Апштейна из мельничного газа № 63. Материал фиксировали 4%-м раствором формалина. Обработку проб проводили по общепринятым методикам [3, 5, 6]. Для оценки качества воды по пробам зоопланктона использовали формулу Пантле и Букка в модификации Сладечека [7] по спискам индикаторных организмов [8–11].

Пробы зообентоса отбирали дночерпателем Петерсена площадью захвата 0,025 м² по две выборки на станции, промывали через газ-сито № 23. Живые организмы фиксировали 70-градусным спиртом. Обработку проб проводили по общепринятым методикам [12]. Для оценки качества воды рассчитывали раз-

личные индексы (Вудивисса, Балускиной, Шеннона — Винера, Гуднайта — УITLEЯ) [13, 14], а также один из их интегральных показателей (ИП) [15].

Токсичность воды определяли биотестированием на ветвистоусом рачке *Daphnia magna*. Критерием токсичности является гибель 10 % и более рачков в остром опыте по сравнению с контролем. Экспозиция опытов с дафниями составляла 96 ч.

Взятую из неводных уловов рыбу подвергали полному биологическому анализу. Возраст рыб определяли по чешуе.

Вскрытие и обработку материала на паразитарный анализ проводили общепринятыми методами [16, 17]. Видовой состав паразитов устанавливали с использованием определителей [18–20].

Результаты и обсуждение

В 2016 г. неводной лов ряпушки в р. Щучья начался 21 июня и продолжался до 4 сентября. Исходя из промысловых уловов, выделялось два периода массового хода ряпушки:

с 21 июня по 15 июля (вылов составил 98,3 т) и с 17 августа по 4 сентября (140,6 т). Общий улов ряпушки — 238,9 т. Перерыв в промысле с 16 июля по 16 августа был связан с крайне низкими уловами (вылов за притонение составлял от 5 до 140 экз. ряпушки). Кроме того, 15 июля на реке с 45 по 143 км от устья была обнаружена погибшая рыба.

Необходимо отметить, что в летний период 2016 г. на Ямале стояла очень жаркая погода. В период гибели рыбы температура воздуха превышала 25 °С на протяжении 21 дня и 2 дня свыше 30 °С, что привело к значительному прогреву воды. Максимальная зарегистрированная температура воды в р. Щучья составила 24,8 °С (рис. 1).

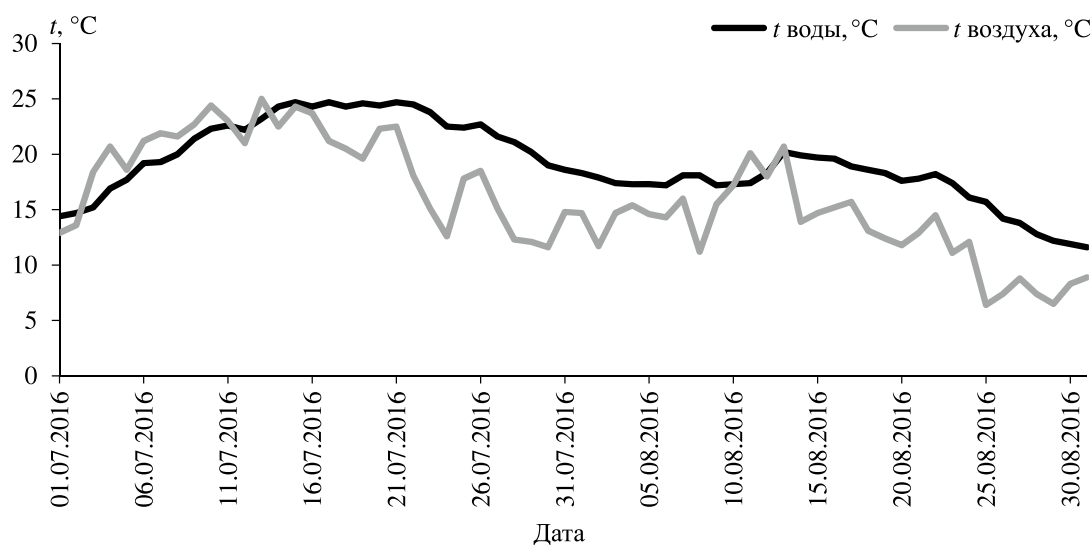


Рисунок 1 — Динамика среднесуточных температур воды и воздуха, июль — август 2016 г.

Между температурой воды и воздуха имеется тесная связь, коэффициент корреляции равен 0,75 (рис. 2). Данная зависимость также подтверждает, что при сравнительно

продолжительном периоде теплой погоды и достижении температуры воздуха 30 °С вода может прогреться до 25 °С.

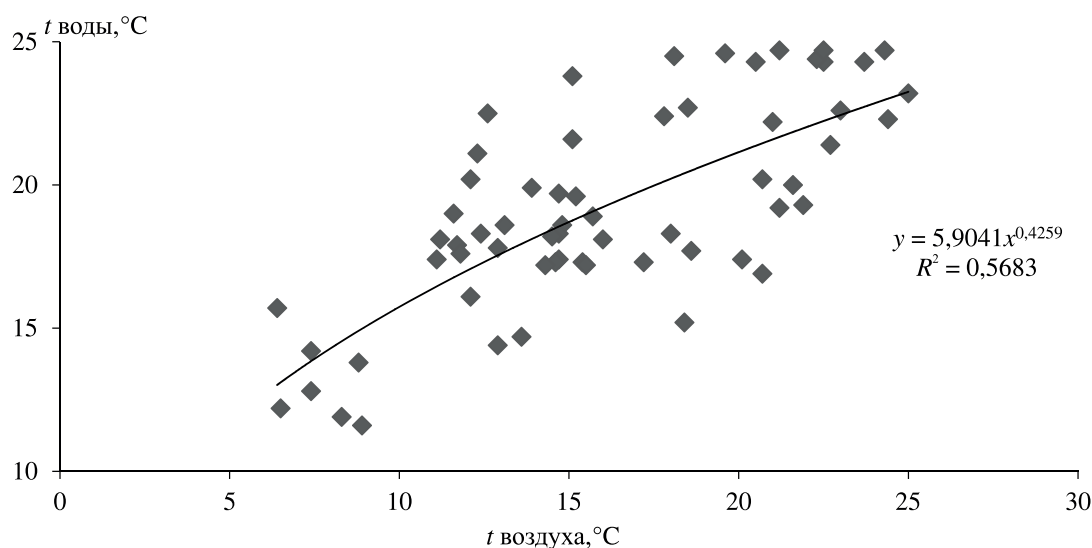


Рисунок 2 — Зависимость температуры воды от температуры воздуха, р. Щучья, июль — август 2016 г.

Обычно максимальные значения температуры воды в р. Щучья не превышают 12 °С [21]. В устье реки В. Г. Иванчиновым [2] регистрировалась температура 14,4–15,1 °С, хотя в от-

дельные теплые годы (например, 1967 и 1974) она достигала 23 °С. Однако следует заметить, что в эти годы период высоких температур был гораздо короче, чем в 2016 г. (рис. 3).

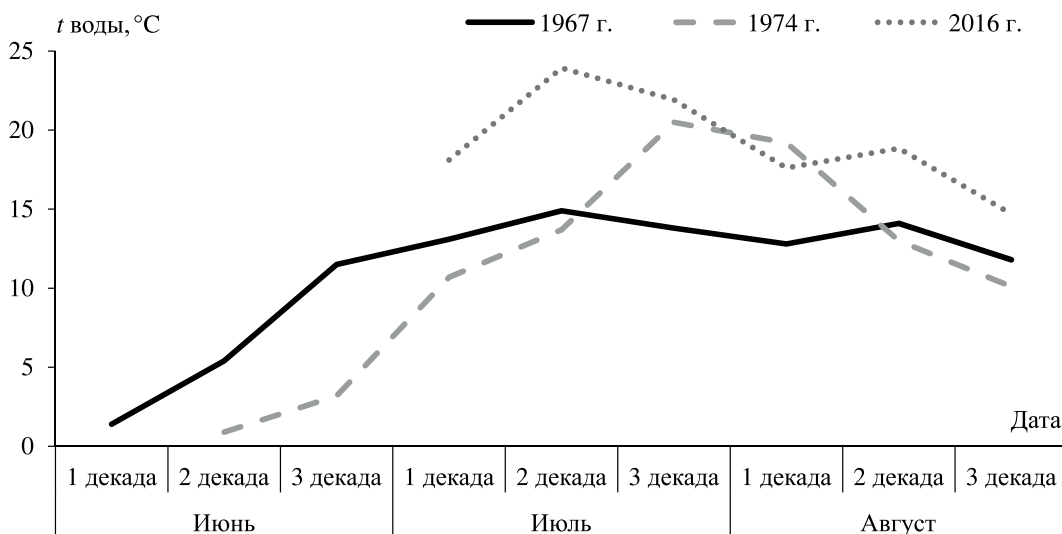


Рисунок 3 — Динамика температуры воды в р. Щучья в летние месяцы отдельных теплых лет

В период сбора материала аномальная жара, стоявшая в первой половине июля, спала и температура воздуха была ниже темпера-

туры воды (см. рис. 1). Результаты измерений отдельных параметров среды в этот период представлены в табл. 2.

Таблица 2 — Результаты измерения метеорологических и гидрологических параметров в р. Щучья, июль — август 2016 г.

Дата	Температура воды, °С		Температура воздуха, °С			Уровень воды, см		O ₂ , ср. сут., мг/дм ³
	Поверхность	Дно	Средняя	min	max	р. Обь	р. Щучья	
25 июля	22,1	21,8	17,1	13,7	20,6	-1,0	-1,0	9,5
26 июля	22,0	21,5	18,2	11,2	22,5	-1,0	-1,0	9,0
27 июля	20,9	20,7	16,0	13,8	18,4	-1,0	-3,0	8,9
28 июля	20,3	19,8	13,0	10,5	15,8	-1,5	-2,0	9,4
29 июля	19,5	19,3	12,4	10,0	15,4	-2,0	-5,0	9,6
30 июля	18,3	17,8	12,2	8,3	16,2	-2,0	-5,0	9,5
31 июля	17,4	17,1	15,1	4,4	19,8	0,0	-1,0	9,3
1 августа	17,2	16,9	15,6	13,5	17,5	8,0	0,0	9,5
2 августа	16,9	16,7	16,1	14,1	19,3	-8,0	-3,0	9,5
3 августа	16,8	16,7	14,7	8,5	19,5	-5,0	-3,0	9,6

Температура среды обитания является важным абиотическим фактором, оказывающим влияние на жизнь рыб. Одним из существенных критериев выступает верхняя летальная температура. В работах Дж. Алабастера и Р. Лойда (1984) [22] и В. К. Голованова (2013) [23] приводятся дискомфортные и летальные температуры для холодолюбивых рыб, к которым относится и сибирская ряпушка.

К сожалению, непосредственно по ряпушке таких данных нет. Согласно ГОСТ 15.372-87 для оксифильных холодолюбивых видов рыб установлено нормативное значение температуры — +20 °С, выше которого в летнее время она не должна повышаться. По данным С. М. Семенченко [24], летальной пороговой температурой для сеголеток байкальского омуля является +26 °С.

По мониторинговым исследованиям, проведенным сотрудниками Госрыбцентра С. М. Семенченко и А. И. Коваленко, в 2007 и 2016 гг. в рыбоводных садках в районе г. Тобольска отмечалась гибель сиговых при температуре воды выше +26 °С и концентрации растворенного в воде кислорода 1–2 мг/дм³. Снижение концентрации кислорода произошло как под воздействием увеличения температуры, так и вследствие активизации окислительных процессов из-за присутствия в воде значительного количества органических веществ и биогенных элементов (N/NH₄⁺ — 0,26–1,08 мг/дм³, PO₄⁻ — 0,20–0,51 мг/дм³). Перманганатная окисляемость варьировала от 14,0 до 16,4 мг/дм³.

В отличие от старицы Иртыша в р. Щучья кислородный режим сохранялся благоприят-

ным при сравнительно высокой температуре воды (см. табл. 2). Однако в ходе наблюдений отмечена гомотермия по всем водным горизонтам, что в определенной степени усугубляло ситуацию с точки зрения невозможности рыбе покинуть зону высокой температуры. Отрицательное влияние оказывала и повышенная водность Оби. Из-за существующего подпора со стороны Оби течение в р. Щучья в районе гибели рыбы практически отсутствовало (менее 0,1 м/с).

Погибшая ряпушка была представлена половозрелыми особями промысловой длины 16–22 см, возраста 2+...5+ (табл. 3). Соотношение возрастных групп в анализируемой выборке в среднем отражало их присутствие в нерестовой популяции (табл. 4).

Таблица 3 — Размерно-возрастная характеристика погибших особей ряпушки в р. Щучья, июль 2016 г.

Возраст, лет	Самцы			Самки		
	<i>l</i> , см	<i>W</i> , г	<i>n</i>	<i>l</i> , см	<i>W</i> , г	<i>n</i>
2+	17,40 ± 0,57	63,50 ± 7,78	2	—	—	—
3+	18,97 ± 0,55	68,17 ± 4,17	6	19,60 ± 0,40	73,07 ± 1,62	3
4+	19,70 ± 0,35	84,33 ± 5,69	3	20,60 ± 0,75	91,04 ± 14,61	5
5+	—	—	—	21,55 ± 0,998	108,08 ± 19,96	4

Таблица 4 — Размерно-возрастная характеристика ряпушки в промысловых уловах р. Щучья, июль — август 2016 г.

Возраст, лет	Самцы			Самки		
	<i>l</i> , см	<i>W</i> , г	<i>n</i>	<i>l</i> , см	<i>W</i> , г	<i>n</i>
2+	17,7 ± 0,31	61,67 ± 3,00	3	—	—	—
3+	18,78 ± 0,1	67,86 ± 1,23	50	19,52 ± 0,14	78,11 ± 1,61	28
4+	20,14 ± 0,18	83,64 ± 2,97	14	20,87 ± 0,13	96,34 ± 2,33	38
5+	—	—	—	21,52 ± 0,35	104,8 ± 7,5	5

Погибшая рыба не имела признаков удущья и каких-либо внешних повреждений. Однако проведенные ихтиопатологические исследования выявили наличие в

ряпушке целого ряда паразитов. Так, было обнаружено по одному виду гаплоспоридий, моногеней, трематод, цестод и скребней (табл. 5).

Таблица 5 — Зараженность паразитами сибирской ряпушки в р. Щучья, июль 2016 г.

Виды паразитов, экстенсивность и интенсивность инвазии				
<i>Dermocystidium salmonis</i>	<i>Discocotyle sagittata</i>	<i>Diphyllobotrium ditremum</i>	<i>Ichthyocotylurus erraticus</i>	<i>Metechinorhynchus salmonis</i>
37,5 (1,1) (2–4) 3	50 (1,1) (1–4) 2,25	100 (6,1) (3–10) 6,1	100 (105,5) (12–249) 105,5	37,5 (2,6) (2–13) 7

Примечание. Над чертой — экстенсивность инвазии, %; в скобках — индекс обилия. Под чертой — в скобках минимальная и максимальная интенсивность инвазии, экз.; вне скобок — средняя.

В межлучевой ткани плавников и на жабрах встречен *Dermocystidium salmonis* в количестве до четырех экземпляров. В литературе отмечали случаи повышенной смертности рыб от дермоцистидиоза [25].

На жабрах в количестве до четырех экземпляров присутствовал гельминт *Discocotyle sagittata*. Этот достаточно крупный паразит, до 1 см длиной, питается кровью хозяина. Сведений о количестве потребляемой им крови нет. Несколько больший по размерам паразит осетровых *Dychybotrium armatum* потребляет в сутки 0,5 см³ крови [26]. По размерам, приведенным для моногеней [19], соотношение объема тела ряпушкового и осетрового гельминтов ориентировочно составляет один к четырем. Следовательно, один ряпушковый паразит потребляет 0,125 см³ крови, а четыре — 0,5 см³. В среднем количество крови у пресноводных рыб не превышает 5 % от массы тела [27]. У ряпушки, зараженной 4 экз. паразитов, при 72 г массы крови всего 7 см³. При выявленной инвазии суточная потеря крови (0,5 см³) весьма ощутима и отрицательно влияет на снабжение организма кислородом и питательными веществами. Такая кровопотеря ведет к существенному ослаблению организма ряпушки.

Кроме того, побочным рецидивом являются повреждение и патологические изменения отдельных тканей рыб, зараженных сосальщиком. Жабры покрываются язвами и разрушаются, в сердце происходит жировое перерождение [28]. В культурных хозяйствах Европы и Северной Америки неоднократно регистрировали гибель форели от дискотиллоза [19]. Вероятно, в нашем материале часть паразитов была утеряна после гибели рыбы.

На пищеводе и желудке ряпушки найден *Diphyllobotrium ditremum*, до десяти паразитов. В кишечнике выявили до 13 экз. скребней *Metechynorhynchus salmonis*. При паразитировании *M. salmonis* у рыб наблюдается острый воспалительный процесс, снижение темпа роста, в отдельных случаях прободение кишечника [29].

Особенно высокая степень зараженности ряпушки установлена по *Ichthyocotylurus erraticus* — до 249 экз. гельминтов. Основное

место локализации паразита — мускулатура сердца, перикардальная полость. Небольшое количество данного паразита отмечено в почках (3–5 экз. паразитов), на жабрах и в печени (5–8 экз. трематод). При интенсивном заражении рыб ихтиокотилурусами иногда отмечают водянку брюшной и перикардальной полости, при поражении почек нарушается водный обмен, а в месте прикрепления паразита регистрируется воспаление. При сильном заражении рыбы худеют, отстают в росте, снижается упитанность [28]. Гибель карповых и окунеобразных рыб неоднократно отмечали в странах СНГ [30–32] и Западной Европы [33]. В литературе сведений о гибели сиговых от ихтиокотилуроза нет, что, по-видимому, связано с небольшим количеством наблюдений в этом направлении и их обитанием в удаленных северных акваториях. В этом сообщении мы впервые приводим сведения о гибели рыб за полярным кругом, где среди других причин были паразитозы, из которых ведущая роль принадлежит ихтиокотилурозу.

Гельминты питаются осмотически тканями и содержимым кишечника хозяина. У паразитов наиболее полно изучен обмен углеводов. В экспериментальных работах выявлено, что с повышением температуры у гельминтов резко увеличивается потребление гликогена и кислорода [34]. Так, при повышении температуры в два раза расход гликогена у личинок дифиллоботриид увеличивается в четыре раза. У нематод при повышении температуры в 1,8 раза расход гликогена возрастает в 5 раз, а кислорода — в 3,8 раза. Аналогичные закономерности в потреблении гликогена и кислорода установлены и для других видов гельминтов. Гликоген — основа питания сердечной мышцы. В процессе нерестовой миграции ряпушка почти не питается, а высокая температура, как отмечалось, действует на нее угнетающе. Система «паразит — хозяин» у заполярной ряпушки сбалансирована при пониженных температурах воды, поэтому при высокой температуре воды она нарушается из-за увеличения потребления жаберными паразитами крови, а другими гельминтами — гликогена и кислорода. Это ведет к полному физическому истощению рыбы, острой сер-

дечной недостаточности. Изложенное свидетельствует, что ассоциативное заражение паразитами, наряду с другими неблагоприятными факторами, могло быть одной из причин гибели ряпушки.

Сравнительный анализ интенсивности питания и скорости весового роста ряпушки не выявил существенных изменений (табл. 6), хотя в целом удельная скорость весового роста рыб в 2016 г. была низкой.

Таблица 6 — Показатели питания, жирности и скорости весового роста сибирской ряпушки в р. Щучья в 2014–2016 гг.

Год	Показатель	Возраст, лет			
		2+	3+	4+	5+
2014	Наполнение ЖКТ, балл	—	0,80 ± 0,09	0,84 ± 0,11	1,00 ± 0,25
	Жирность, балл	—	0,86 ± 0,09	0,89 ± 0,10	1,00 ± 0,25
	C_w	—	—	0,42	0,19
	n , экз.	—	90	55	8
2015	Наполнение ЖКТ, балл	0,67 ± 0,54	0,63 ± 0,08	0,63 ± 0,09	0,55 ± 0,20
	Жирность, балл	—	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,18 ± 0,17
	C_w	—	0,14	0,16	0,68
	n , экз.	3	68	49	11
2016	Наполнение ЖКТ, балл	0,67 ± 0,27	1,06 ± 0,08	0,73 ± 0,10	0,60 ± 0,22
	Жирность, балл	—	0,83 ± 0,08	0,88 ± 0,10	0,80 ± 0,33
	C_w	—	0,15	0,26	0,12
	n , экз.	3	78	52	5

Как отмечалось, несмотря на значительный прогрев воды, кислородный режим сохранялся благоприятным (см. табл. 2). Более того, наблюдалось перенасыщение воды кислородом при температуре +22 °С (на 5 %), что косвенно указывало на низкую концентрацию органических веществ и наличие фотосинтеза.

Анализ многолетних данных свидетельствует, что химический состав воды р. Щучья относительно постоянен (табл. 7). Вода реки

очень маломинерализованная, гидрокарбонатного класса, преимущественно кальциевой группы, первого типа [35], мягкая, слабобокислая или нейтральная. Сравнительный анализ за ряд лет не выявил серьезных изменений по большинству показателей. В 2016 г. на отдельных станциях уменьшилась величина рН, а также более чем в два раза снизился уровень сульфатов по сравнению с 1989–1990 гг.

Таблица 7 — Солевой состав воды р. Щучья, мг/дм³

Станция, дата отбора	рН, ед.	HCO ₃	Cl	SO ₄ ²⁻	Жесткость, °Ж	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Сумма ионов
пос. Седельниково, 11.06.1989	6,4	30,5	3,6	9,6	0,48	7,2	1,46	7,36	59,72
1 км выше пос. Белоярск, 12.06.1989	6,4	36,6	2,5	9,6	0,52	3,2	4,38	8,05	64,30
пос. Седельниково, 11.06.1990	6,8	30,5	7,2	4,8	0,40	6,1	1,2	7,4	57,20
пос. Белоярск, 17.08.2012	7,17	32,54	2,11	3,04	0,59	6,28	3,36	1,65	48,98
пос. Седельниково, правый берег, 04.08.2013	6,80	36,6	2,13	3,36	0,7	8,0	3,64	1,0	57,73
пос. Белоярск, правый берег, 10.08.2013	6,81	36,6	2,13	1,92	0,7	8,0	3,64	1,0	53,29
пос. Седельниково, 18.07.2016	6,13	30,51	3,20	2,88	0,52	5,61	2,92	3,25	48,37
пос. Щучье, русло, 20.07.2016	5,92	32,95	2,84	2,64	0,53	6,01	2,80	3,63	50,87
пос. Щучье, правый берег, 20.07.2016	7,03	36,61	2,84	2,88	0,54	6,01	2,92	5,0	56,26

Окончание табл. 7

Станция, дата отбора	pH, ед.	HCO ₃	Cl	SO ₄ ²⁻	Жесткость, °Ж	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Сумма ионов
пос. Седельниково, правый берег, 01.08.2016	7,03	36,61	2,84	2,88	0,54	6,01	2,92	5,0	56,26
пос. Седельниково, левый берег, 01.08.2016	7,12	34,17	2,84	2,88	0,56	6,01	3,16	3,5	52,56
пос. Белоярск, пирс, 04.08.2016	6,96	31,73	2,84	2,40	0,54	6,81	2,43	2,75	48,96
пос. Белоярск, 04.08.2016	7,01	32,95	2,13	2,40	0,60	6,81	3,16	1,25	48,70

В речной воде преобладал аммонийный азот (0,11–0,25 мг/дм³). Нитратный азот (до 0,1 мг/дм³) и фосфаты (до 0,08 мг/дм³) в результате фотосинтеза из воды были изъяты. Обнаружен в малых концентрациях нитритный азот (0,017–0,024 мг/дм³). Легкоокисляемого органического вещества в воде в районе пос. Седельниково было мало, а в районе пос. Белоярск фиксировались средние значения (по перманганатной окис-

ляемости) [35]. Величина БПК₅ варьировала от менее 0,5 до 1,06 мгО₂/дм³ (табл. 8). Если сравнивать полученные результаты с предыдущими годами, то в районе пос. Белоярск наблюдалась более высокая цветность воды за счет увеличения концентрации общего железа. Там же фиксировались максимальные значения нитритного азота, перманганатной окисляемости (ПО) и БПК₅ по сравнению с другими станциями отбора проб в 2016 г.

Таблица 8 — Содержание органических и биогенных веществ в р. Щучья, мг/дм³

Станция, дата отбора	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	ПО	N/NH ₄ ⁺	N/NO ₂ ⁻	N/NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	Fe _{общ}	Цветность, град.
пос. Седельниково, 11.06.1989	—	6,0	0,41*	0*	0,02*	0,1**	0,38	—
1 км выше пос. Белоярск, 12.06.1989	—	5,0	0,38*	0*	0,02*	0,09**	0,31	—
пос. Седельниково, 11.06.1990	—	9,7	0,47*	0*	0,06*	0,07**	0,26	—
пос. Белоярск, 17.08.2012	2,63	8,08	0,18	0,009	< 0,1	< 0,05	0,21	39
пос. Седельниково, правый берег, 04.08.2013	1,6	6,0	0,25	< 0,006	0,14	0,07	0,08	25
пос. Белоярск, правый берег, 10.08.2013	2,2	6,4	0,31	< 0,006	0,15	0,09	0,26	30
пос. Седельниково, 18.07.2016	0,79	6,96	0,23	0,017	< 0,1	< 0,05	0,23	25
пос. Щучье, русло, 20.07.2016	—	4,32	0,11	0,017	< 0,1	< 0,05	0,15	25
пос. Щучье, правый берег, 20.07.2016	—	4,80	0,11	0,020	< 0,1	< 0,05	0,13	25
пос. Седельниково, правый берег, 01.08.2016	< 0,5	5,20	0,15	0,019	< 0,1	< 0,05	0,15	35
пос. Седельниково, левый берег, 01.08.2016	0,53	4,56	0,13	0,021	< 0,1	< 0,05	0,16	35
пос. Белоярск, пирс, 04.08.2016	0,88	9,28	0,25	0,024	0,10	0,08	0,44	50
пос. Белоярск, 04.08.2016	1,06	9,12	0,25	0,022	0,10	0,08	0,48	50

* N/NH₄⁺, N/NO₂⁻, N/NO₃⁻ — даны по иону.** PO₄⁻ — даны по P₂O₅.

Таким образом, содержание в воде биогенных элементов и органических веществ

было крайне низким, поэтому возникновение летних заморных явлений исключалось.

Серьезного превышения концентраций загрязняющих веществ в воде не обнаружено. Содержание нефтепродуктов было менее 0,05 мг/дм³, кроме одной станции, где их содержание слегка превысило ПДК (0,06 мг/дм³, пос. Белоярск). В донных отло-

жениях их концентрация изменялась от аналитического нуля до 60,47 мг/кг (табл. 9). В предыдущие годы картина была аналогичной. Наиболее загрязненным нефтепродуктами оказался заиленный песок в районе пос. Белоярск.

Таблица 9 — Концентрация нефтяных углеводородов в воде и донных отложениях р. Щучья

Станция, дата отбора	Вода, мг/дм ³	Донные отложения, мг/кг	Структура донных отложений
пос. Белоярск, 17.08.2012	< 0,05	—	—
пос. Седельниково, правый берег, 04.08.2013	< 0,05	16,0	Песок
пос. Белоярск, правый берег, 10.08.2013	< 0,05	58,0	Заиленный песок
пос. Седельниково, 18.07.2016	< 0,05	—	—
пос. Щучье, 20.07.2016	< 0,05	—	—
пос. Седельниково, правый берег, 01.08.2016	< 0,05	21,74	Песок мелкий, ил
пос. Седельниково, левый берег, 01.08.2016	< 0,05	Не обнаружено	Песок
пос. Белоярск, пирс, 04.08.2016	< 0,05	36,36	Песок
пос. Белоярск, 04.08.2016	0,06	60,47	Заиленный песок

Из тяжелых металлов в пределах существующего фона [21] отмечено превышение ПДК по меди в 1,5 раза. В 2016 г. в воде, кроме меди, определены цинк, кадмий и свинец (табл. 10).

Кадмий и цинк обнаружены в следовых количествах. Свинец был на порядок ниже ПДК. Медь на отдельных станциях до 20–50 % превышала уровень ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Таблица 10 — Содержание тяжелых металлов в воде р. Щучья, мг/дм³

Станция, дата отбора	Цинк	Кадмий	Свинец	Медь
пос. Седельниково, 18.07.2016	< 0,0005	< 0,0002	0,0005	0,0015
пос. Седельниково, правый берег, 01.08.2016	< 0,0005	< 0,0002	< 0,0002	0,0010
пос. Седельниково, левый берег, 01.08.2016	< 0,0005	< 0,0002	0,0002	0,0012
пос. Белоярск, пирс, 04.08.2016	< 0,0005	< 0,0002	0,0004	< 0,0006
пос. Белоярск, 04.08.2016	< 0,0005	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0006
ПДК (рыбохозяйственные водоемы)	0,01	0,005	0,006	0,001

Токсикологические исследования характеризовали воду р. Щучья как чистую. Слабая токсичность отмечалась лишь в районе населенных пунктов Седельниково, Щучье и Белоярск. Отклонение показателя выживаемости ветвистоусых рачков (*Daphnia magna*) в этих пробах достигало 17 % по сравнению с контролем, что свидетельствовало о наличии слабого загрязнения (табл. 11).

Благополучная ситуация с качеством вод прослеживалась и по характеристикам фитопланктона, зоопланктона и зообентоса.

В альгофлоре нижнего течения р. Щучья в августе 2016 г. определено 55 видов, разновидностей и форм водорослей из шести си-

стематических отделов: диатомовые — 21, зеленые — 21, синезеленые — 7, эвгленовые — 4, золотистые — 1, динофитовые — 1. Все встреченные виды фитопланктона входят во флористические списки, составленные по уральским притокам р. Оби [21, 36].

Уровень развития летнего альгоценоза р. Щучья невысокий: численность варьировала в пределах 1660–2578 тыс. кл./л, биомасса — 0,171–0,566 мг/л. В планктоне вегетировали синезеленые и диатомовые водоросли. Плотность определялась мелкоклеточными синезелеными, фитомасса — диатомовыми. В период исследований пышной вегетации токсических синезеленых водорослей не наблюдалось.

Таблица 11 — Выживаемость дафний в пробах воды, в процентах к контролю

Место отбора	Выживаемость, %
р. Щучья (пос. Седельниково)	83–93
р. Щучья (пос. Щучье)	86
р. Щучья, правый берег (пос. Седельниково)	83
р. Щучья, левый берег (пос. Седельниково)	93
р. Щучья, русло (пос. Седельниково)	90
р. Щучья (пос. Белоярск)	97
р. Щучья, пирс (пос. Белоярск)	83
р. Юнга-Яха (приток р. Щучья)	97

Результаты оценки качества воды с использованием комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши [4] свидетельствуют, что по величине биомассы фитопланктона вода нижнего участка р. Щучья летом 1986–1989 гг., 2003 г., 2015–2016 гг. соответствует II классу «чистая».

В зоопланктоне обнаружено 52 вида и разновидностей. Наиболее многочисленной группой в августе являлись коловратки (*Rotatoria*) — 33 вида. Ветвистоусых рачков (*Cladocera*) встречено 15 видов, веслоногих ракообразных (*Soropoda*) — 4 вида.

Численность и биомасса планктонных организмов варьировали в широких пределах — от 12,73 до 82,08 тыс. экз./м³ и от 26,68 до 182,22 мг/м³. Основу численности и биомассы создавали коловратки и, за редким исключением, веслоногие ракообразные. Полученные результаты соответствовали уровню прошлых лет исследований (2010–2015 гг.) и опубликованным данным [21].

Из 52 обнаруженных видов зоопланктона 42 являлись индикаторами сапробности. Сапробность видов-индикаторов находилась в довольно узком диапазоне — от олигосапробов до бета-альфа-мезосапробов. Большинство индикаторных видов относились к олигосапробам (48 %) и олиго-бета-мезосапробам (33 %). Из представителей грязных вод (бета-альфа-мезосапробов) встречен только один вид. Таким образом, по показателю сапробности зоопланктона вода р. Щучья характеризовалась как чистая. Полученные величины индексов сапробности (1,30–1,50) согласуются с ранее проведенными исследованиями. Так, в 1985–1988 гг. и 2003 г. вода р. Щучья также относилась ко второму классу [11, 21].

Макрозообентос реки был представлен нематодами, олигохетами, брюхоногими и двустворчатыми моллюсками, пресноводными клещами и личинками двукрылых насекомых — мокрецов и хирономид. Наиболее разнообразно, как и в прошлые годы исследований [20, 36], были представлены личинки хирономид. Плотность донных организмов составляла 260–2500 экз./м², их биомасса — от 0,18 до 22,93 г/м². По численности доминировали личинки двукрылых насекомых (81–100 %), по биомассе — моллюски (60–86 %), на одной станции — личинки двукрылых (100 %). Следовательно, начиная с 1987 г. качество вод по показателям зообентоса не претерпело существенных изменений и оценивалось от чистых до умеренно загрязненных [37]. В 2002–2003 гг. русловые участки соответствовали классу чистых вод, а участки прибрежной зоны относились к умеренно загрязненным [21]. В настоящее время экологическая обстановка в нижнем течении реки остается благополучной. По станциям отбора проб значения ИП находились в пределах 67–74, что соответствовало чистым водам.

Таким образом, по большинству показателей вода р. Щучья характеризовалась как чистая, поэтому возможной причиной гибели ряпушки могло служить совокупное воздействие двух факторов, а именно: высокой температуры воды и сильной степени зараженности ихтиококциллирусами. Как было показано, температура воды не являлась летальной для ряпушки, однако ослабленные инвазией рыбы погибали. Именно совокупное воздействие данных двух факторов оказалось решающим. К такому выводу можно прийти исходя из ряда обстоятельств. Во-первых, гибель

не носила тотального характера, и погибали только зараженные особи. Во-вторых, для ряпушки свойственен ихтиокотилуроз [38], при этом массовая гибель рыбы ранее не отмечалась. Более того, в 2016 г. с понижением температуры воды гибель прекратилась. По-видимому, немаловажным фактором явился длительный период стояния высокой температуры, что в прошлые годы не отмечалось.

Необходимо заметить, что сибирская ряпушка после омуля является самым холодолюбивым представителем сиговых в Обской губе, так как ее нагульные и нерестовые акватории имеют наиболее северное расположение. Поэтому высокая температура воды оказывала угнетающее воздействие на ряпушку. Как известно, с повышением температуры обменные процессы в организме ускоряются и возрастает потребность в кислороде. Однако в условиях зараженности ихтиокотилурусами ослабленная сердечная мышца не была способна создать соответствующий кровоток. Кроме того, как уже отмечалось выше, сами паразиты потребляли повышенное количество кислорода и гликогена, что также ухудшало работу сердечной мышцы и снабжение тканей рыбы кислородом. По сути, подверженные инвазии особи погибали от гипоксии. При этом парадокс заключался в том, что, как было показано, в окружающей среде кислорода было больше чем достаточно, но организм рыбы не мог его получить в необходимом количестве. Именно поэтому погибали только рыбы, подверженные инвазии. По-видимому, аналогичная ситуация происходила и в Обской губе, где наряду с ряпушкой встречались погибшие особи ерша. Для ерша также свойственна зараженность ихтиокотилурусами. Так, в Нижней Оби интенсивность ассоциативного заражения ерша тремя видами ихтиокотилурусов составляла более 170 экз. паразитов, с преимущественной локализацией на сердце [39]. В районе Нового Порта отмечена интенсивность инвазии этого вида рыбы до 78 экз. паразитов [40].

Гипоксия у ряпушки, по-видимому, наступала вследствие ослабления работы сердечной мышцы и влияния на уровень концентрации гемоглобина высокой температуры

и низкой величины рН среды. Нарушалось сродство гемоглобина к кислороду и функционирование гемоглобиновой буферной системы. Как известно, при увеличении температуры воды у большинства рыб происходит снижение сродства гемоглобина к кислороду [41]. Исключение составляют отдельные виды, такие как тунец, сомик (*Ictalurus nebulosus*), карась [42].

В 2016 г. была зафиксирована не только высокая температура, но и минимальные значения рН воды в р. Щучья (см. табл. 10). Снижение водородного показателя, по-видимому, произошло вследствие таяния мерзлоты и увеличения болотного стока. Так, в нижнем течении реки зарегистрирована величина рН, равная 5,92. В этих условиях эффективность функционирования гемоглобиновой буферной системы у ряпушки была снижена. По результатам исследований И. М. Камшилова и Р. А. Запрудновой [43], данная эффективность возрастает с толерантностью вида к фактору закисления среды (эффект Бора), и такую устойчивость в наибольшей степени демонстрируют щука и окунь. Кстати, последние два вида входят в состав ихтиоценоза р. Щучья, но их массовой гибели не отмечалось. Следует заметить, что высокий уровень концентрации гемоглобина в крови, по-видимому, не обеспечивает устойчивость вида к повышению температуры и закислению среды обитания. Так, у окуня оз. Виштынецкое этот показатель в два раза ниже, чем у сига [44, 45]. Сиговые как активные пловцы имеют более высокий уровень концентрации гемоглобина, но, как выяснилось, эта группа рыб менее устойчива к изменению условий среды.

Полученные результаты свидетельствуют, что при условии дальнейшего потепления климата подобные факты гибели будут продолжаться. В целом высокие температуры будут оказывать негативное воздействие на весь комплекс холодолюбивой ихтиофауны. Возможны даже изменения в структуре ихтиоценозов в сторону увеличения доли бореально-равнинных видов. Такая тенденция уже прослеживается, хотя причины совсем иные [46]. При дальнейшем потеплении климата будет происходить масштабное сокращение

периода нагула сига в пойменной системе. Как известно, пойменные водоемы богаты не только кормовой базой рыб, но и органическими веществами, которые при увеличении температуры будут забирать кислород. Сиговые, как наиболее требовательные к содержанию в воде кислорода, будут раньше покидать пойменную систему, не накопив необходимого количества резервных веществ для совершения протяженных нерестовых миграций. Прежде всего это скажется на численности популяций, совершающих миграцию в Среднюю Обь. Можно лишь предположить, что меньшее воздействие будет испытывать нельма, как вид, ведущий хищный образ жизни и более устойчивый к высокой температуре. В этих условиях наибольшая роль в воспроизводстве сига будет отводиться северным акваториям. Такая тенденция в настоящее время уже прослеживается. Выявленная проблема требует своего дальнейшего изучения с целью сохранения популяций и рационального использования водных биологических ресурсов.

Заключение

Обобщая изложенный материал, можно заключить, что р. Щучья в многолетнем аспекте сохраняет благоприятный гидрохимический и гидробиологический режим. Качество вод удовлетворяет всем необходимым требованиям для успешного развития икры сибирской ряпушки. Отмечен лишь незначительный уровень загрязнения в нижнем течении реки в районе населенных пунктов Седельниково и Белоярск.

Высокий прогрев воды в р. Щучья в 2016 г. угнетающе воздействовал на особей нерестовой популяции ряпушки. Установленные температуры не являлись летальными, но в результате сильной инвазии ихтиокотилурусом рыба погибала. Ситуацию усугубляла не только высокая температура и зараженность паразитами, но и увеличение болотного стока, сопровождающееся закислением воды в р. Щучья. Гибель рыб происходила вследствие гипоксии.

Поскольку ряпушка в Обской губе имеет сравнительно высокую степень зараженности ихтиокотилурусом, то в дальнейшем при уста-

новлении подобного прогрева воды массовой гибели рыбы не избежать. В силу этого, имея долгосрочный прогноз гидрометеослужбы, необходимо заблаговременно планировать соответствующий режим рыболовства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москаленко Б. К. Биологические основы эксплуатации и воспроизводства сига рыб Обского бассейна // Тр. Обь-Тазовского отделения ВНИОРХ. Нов. серия. Тюмень : Тюм. кн. изд-во, 1958. Т. 1. 252 с.
2. Иванчинов В. Г. Река Щучья. Биология и промысел обской сельди (*Coregonus sardinella* Val.). Тобольск : Изд-во Обско-Тазовской науч. рыбохозяйственной ст. ВНИРО, 1935. Т. 1, вып. 2. 139 с.
3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л. : Гидрометеиздат, 1983. 240 с.
4. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О. П. Оксий, В. Н. Жукинский, Л. П. Брагинский и др. // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.
5. Балушкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивных озер. М. : Изд-во ЗИН АН СССР, 1978. С. 58–79.
6. Общие основы изучения водных экосистем. Л. : Наука, 1979. 169 с.
7. Дзюбан И. А., Кузнецова С. П. О гидробиологическом контроле качества вод по зоопланктону // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Л., 1978. С. 160–166.
8. Макрушин А. В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов — индикаторов загрязнения. Л. : Изд-во ЗИН АН СССР, 1974. 52 с.
9. Унифицированные методы исследования качества вод. М., 1977. Ч. 3, прил. 1. 92 с.
10. Унифицированные методы исследования качества вод. М., 1977. Ч. 3, прил. 2. 228 с.
11. Алексюк В. А., Семенова Л. А. Биологический анализ качества воды Нижней Оби и ее уральских притоков // Изучение реки Оби и ее притоков в связи с хозяйственным освоением Западной Сибири : сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1989. Вып. 305. С. 34–42.

12. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. Л., 1984. 51 с.
13. Финогенова Н. П., Алимов А. Ф. Оценка степени загрязнения вод по составу водных животных // Методы биологического анализа пресных вод. Л., 1976. С. 95–106.
14. Балушкина Е. В. Хирономиды как индикаторы степени загрязнения воды // Методы биологического анализа пресных вод. Л., 1976. С. 106–118.
15. Матковский А. К. Интегральный показатель зообентоса как один из составляющих комплексной оценки экологического состояния водоемов на территории нефтегазовых месторождений // Материалы науч. конф., посвящ. 110-летию начала регулярных зоолог. исследований и зоолог. образования в Сибири. Томск, 1998. С. 203–204.
16. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб: руководство по изучению. Л. : Наука, 1985. 121 с.
17. Лабораторный практикум по болезням рыб / ред. В. А. Мусселиус. М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1983. 296 с.
18. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Л. : Наука, 1984. Т. 1. 431 с.
19. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Л. : Наука, 1985. Т. 2. 425 с.
20. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Л. : Наука, 1987. Т. 3. 583 с.
21. Экологическое состояние притоков Нижней Оби (реки Харбей, Лонготъеган, Щучья) / В. Д. Богданов, Е. Н. Богданова, О. А. Госькова и др. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2005. 236 с.
22. Алабастер Дж., Лойд Р. Критерии качества воды для пресноводных рыб / пер. с англ. М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. 344 с.
23. Голованов В. К. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб. М. : Полиграф-плюс, 2013. 301 с.
24. Семенченко С. М. Экологические основы искусственного воспроизводства баргузинской популяции байкальского омуля : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб., 1994. 26 с.
25. Пронин Н. М. Распространение *Dermocystidium percae* в озерах Забайкалья и некоторые вопросы эпизоотологии и этиологии дермоцистидиоза молоди окуня. Болезни и паразиты рыб Ледовитоморской провинции (в пределах СССР). Свердловск, 1976. С. 104–117.
26. Догель В. А., Лутта А. С. О гибели шипа на Аральском море в 1936 г. // Рыбное хозяйство. 1937. № 12. С. 26–27.
27. Строганов Н. С. Экологическая физиология рыб. М. : МГУ, 1962, Т. 1. 443 с.
28. Ихтиопатология / О. Н. Бауер, В. А. Мусселиус, В. М. Николаева и др. М., 1977. 432 с.
29. Бауер О. Н. Взаимоотношения между паразитами и хозяевами (рыбами). Основные проблемы паразитологии рыб. Л., 1958. С. 90–109.
30. Догель В. А. Паразитарные заболевания рыб. М. ; Л. : Сельхозгиз, 1932. 151 с.
31. Петрушевский Г. К., Шульман С. С. Паразитарные заболевания рыб в промысловых водоемах СССР. Основные проблемы паразитологии рыб. Л. : ЛГУ, 1958. С. 301–321.
32. Дубинин В. Б. Фауна личинок паразитических червей позвоночных животных дельты реки Волги // Паразитол. сб. ЗИН АН СССР. Л., 1952. № 14. С. 213–266.
33. Schaperclaus P.W. Fischkrankheiten. 3 Auflage. Berlin : Akademieverlag, 1954. 708 S.
34. Марков Г. С. Физиология паразитов рыб // Основные проблемы паразитологии рыб. Л., 1958. С. 122–144.
35. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л. : Гидрометеиздат, 1970. 443 с.
36. Семенова Л. А. Современное состояние альгофлоры уральских притоков Оби // Гидробионты Обского бассейна в условиях антропогенного воздействия / Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. СПб., 1995. Вып. 327. С. 20–30.
37. Шарапова Т. А. Зообентос реки Щучьей // Гидробионты Обского бассейна в условиях антропогенного воздействия / Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. СПб., 1995. Вып. 327. С. 56–63.
38. Осипов А. С. Паразитофауна сибирской ряпушки из различных районов ее обитания на севере Тюменской области / Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. Л., 1984. Т. 226. С. 32–35.
39. Размашкин Д. А. Личинки трематод из рыб Нижней Оби // Сб. науч. работ Тюменского НИИ краевой инфекционной патологии. Тюмень, 1965. Т. 1. С. 105–108.
40. Петрушевский Г. К., Мосевич М. В., Щупаков И. Г. Фауна паразитов рыб Оби и Иртыша // Изв. ВНИОРХ. 1948. Вып. 27. С. 67–96.
41. Иржак Л. И. Гемоглобины и их свойства. М. : Наука, 1975. 240 с.
42. Камшилов И. М., Камшилова Т. Б. Влияние температуры на функциональные показатели карася *Carassius carassius* // Вопр. ихтиологии. 2007. Т. 47, № 4. С. 562–565.
43. Камшилов И. М., Запруднова Р. А. Эффект Бора в характеристике буферных свойств гемоглобина рыб // Тр. Карельского науч. центра РАН. 2013. № 3. С. 190–193.

44. Серпунин Г. Г., Сементина Е. В. Характеристика крови окуня озера Виштынецкое в весенний и летний периоды // Изв. КГТУ. 2012. № 24. С. 127–132.
45. Сементина Е. В., Серпунин Г. Г. Гематологические показатели сига озера Виштынецкое в зимний период // Изв. КГТУ. 2010. № 17. С. 15–19.
46. Матковский А. К. Многолетние изменения в составе ихтиоценозов бассейна реки Оби в условиях глобального потепления // Проблемы экологии. Чтения памяти профессора М. М. Кожова : тез. докл. междунар. науч. конф. и междунар. шк. для молодых ученых (Иркутск, 20–25 сент. 2010 г.). Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. С. 83.

THE CAUSES OF DEATH OF SIBERIAN CISCO (*COREGONUS SARDINELLA* VALLENCIENNES, 1848) IN THE SPAWNING RIVER SHCHUCHIYA IN THE OB BASIN

A.K. Matkovskiy, V.Ya. Shirshov, I.A. Krivenko, P.Yu. Savchuk, S.M. Semenchenko, A.I. Kovalenko, I.Yu. Makarenkova, L.A. Semenova, V.B. Stepanova, G.H. Abdullina, N.S. Knyazeva, T.V. Zakharova

FSBSI State Scientific-and-Production Center of Fishery, Tyumen

The article analyzes the causes of death of Siberian cisco (*Coregonus sardinella* Valenciennes, 1848) in the spawning river Shchuchiya. To find out the causes the hydrological, hydro-chemical, hydro-biological, toxicological and ichthyopathological, and ichthyological materials have been studied. It should be noted that the river Shchuchiya during death of cisco was clean according to most of the analyzed indicators. Only in the area of human settlements the condition of water was assessed as moderately polluted. The water was characterized by low rates of mineralization, nutrients and organic matter, as well as a high content of dissolved oxygen. The negative factors that have been singled out include high warming and acidification of the water, as well as a considerable degree of infestation of cisco by ihtiokotilurusom. The fish died as a result of the joint effect of all these factors. Perished species are mostly the ones susceptible to invasion. Death occurred due to hypoxia.

Keywords: Siberian cisco; death; temperature; parasites; hypoxia.

REFERENCES

1. Moskalenko B.K. [The biological basis of exploitation and reproduction of white fish of the Ob basin]. Proc. of the Ob-Tazovsky branch of VNIORH. New series. Tyumen, 1958. Vol. 1. 252 p. (In Russ.)
2. Ivanchinov V.G. [River Shchuchiya. Biology and fisheries of the Ob herring (*Coregonus sardinella* Val.)]. Publ. house of the Ob-Tazovsky scientific fishery station of the VNIRO. Tobolsk, 1935. Vol. 1, issue 2. 139 p. (In Russ.)
3. [Manual on methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Leningrad, Gidromeroizdat, 1983. 239 p. (In Russ.)
4. Oksiyuk O.P., Zhukinsky V.N., Braginsky L.P. et al. [Comprehensive ecological classification of the quality of surface waters]. Hydrobiological journal, 1993. Vol. 29, No. 4: 62–76. (In Russ.)
5. Balushkina E.V., Vinberg G.G. [The correlation between length and body mass of planktonic crustaceans]. Experimental and field studies of the biological background of productive lakes: Moscow, Publ. house of the Zoological Inst., USSR Academy of Sciences, 1978: 58–79. (In Russ.)
6. [General framework for the study of aquatic ecosystems]. Leningrad, Nauka, 1979. 169 p. (In Russ.)
7. Dzyuban I.A., Kuznetsova S.P. [On hydrobiological monitoring of water quality for zooplankton]. Scientific principles of monitoring the quality of water by hydrobiological indicators. Leningrad, 1978: 160–166. (In Russ.)
8. Makrushin A.V. [A bibliography on the topic of “Biological analysis of water quality” with a list of organisms-indicators of pollution attached]. Leningrad. Publ. house of the Zoological Inst., USSR Academy of Sciences, 1974. 52 p. (In Russ.)
9. [Unified methods of testing water quality]. Part 3, Annex 1. Moscow, 1977. 92 p. (In Russ.)
10. [Unified methods of testing water quality]. Part 3, Annex 2. Moscow, 1977. 228 p. (In Russ.)

11. Aleksyuk V.A., Semenova L.A. [Biological analysis of water quality of the Lower Ob and its Ural tributaries]. The Study of the Ob River and its tributaries in connection with the economic development of Western Siberia. Coll. of scientific papers of GosNIORH, 1989. Vol. 305: 34–42. (In Russ.)
12. [Recommended practice on collection and processing of materials in hydrobiological studies of freshwater bodies. Zoobenthos and its products]. Leningrad, 1984. 51 p. (In Russ.)
13. Finogenova N.P., Alimov A.F. [Assessment of the pollution level based on the composition of aquatic animals. Methods of biological analysis of freshwater]. Leningrad, 1976: 95–106. (In Russ.)
14. Balushkina E.V. [Midges as indicators of the degree of water pollution]. Methods of biological analysis of freshwater. Leningrad, 1976: 106–118. (In Russ.)
15. Matkovskiy A.K. [The integrated index of the zoobenthos as one of the components of a comprehensive assessment of the ecological status of water bodies in the territory of oil and gas deposits]. Materials of the scientific conf. dedicated to the 110th anniversary of the beginning of regular zoological researches and zoological education in Siberia, Tomsk, 1998: 203–204. (In Russ.)
16. Byhovskaya-Pavlovskaya I.E. [Parasites of fish: a study guide]. Leningrad, Nauka, 1985. 121 p. (In Russ.)
17. Musselius V.A. ed. [Laboratory of fish diseases]. Moscow, Consumer and food industry, 1983. 296 p. (In Russ.)
18. [Identifier of parasites of freshwater fish in the USSR fauna]. Leningrad, Nauka, 1984. Vol. 1. 431 p. (In Russ.)
19. [Identifier of parasites of freshwater fish in the USSR fauna]. Leningrad, Nauka, 1985. Vol. 2. 425 p. (In Russ.)
20. [Identifier of parasites of freshwater fish in the USSR fauna]. Leningrad, Nauka, 1987. Vol. 3. 583 p. (In Russ.)
21. Bogdanov V.D., Bogdanova E.N., Goskova O.A. et al. [The ecological condition of tributaries of the Lower Ob (River Harba, Langoth-Egan, Shchuchiya)]. Ekaterinburg, Publ. house of the Ural University, 2005. 236 p. (In Russ.)
22. Alabaster J., Lloyd R. [Criteria of water quality for freshwater fish]. Transl. from English. Moscow, Consumer and food industry, 1984. 344 p. (In Russ.)
23. Golovanov V.K. [Temperature criteria of vital activities of freshwater fish]. Moscow, Poligrafplus, 2013. 301 p. (In Russ.)
24. Semenchenko S.M. [Ecological background of artificial reproduction of populations of the Barguzin Baikal omul]. Abstr. of the thesis, Ph.D. in Biology. Saint Petersburg, 1994. 26 p. (In Russ.)
25. Pronin N.M. [Spreading of *Dermocystidium percae* in the lakes of Transbaikalia and some issues of epidemiology and etiology of dermocystidiosis in young perch. Diseases and parasites of fish in the Ledovitomorsk province (within the USSR)]. Sverdlovsk, 1976: 104–117. (In Russ.)
26. Dogel V.A., Lutta A.S. [On the death of the ship in the Aral Sea in 1936]. Fisheries. 1937, No. 12: 26–27. (In Russ.)
27. Stroganov N.S. [Environmental physiology of fishes]. Moscow, Moscow State University, 1962. Vol. 1. 443 p. (In Russ.)
28. Bauer O.N., Musselius V.A., Nikolaeva V.M. et al. [Ichthyopathology]. Moscow, 1977. 432 p. (In Russ.)
29. Bauer O.N. [The relationship between parasites and hosts (fish)]. Major problems of the Parasitology of fish. Leningrad, 1958: 90–109. (In Russ.)
30. Dogel V.A. [Parasitic diseases of fish]. Moscow, Leningrad, Selkhozgiz, 1932. 151 p. (In Russ.)
31. Petrushevsky G.K., Schulman S.S. [Parasitic diseases of fish in fishery water bodies of the USSR]. Major problems of the Parasitology of fish. Leningrad, Leningrad State University, 1958: 301–321. (In Russ.)
32. Dubinin V.B. [The fauna of the larvae of parasitic worms of vertebrates of the Delta of the Volga River]. Parasitological coll. of the Zoological Inst., USSR Academy of Sciences, No. 14: 213–266. (In Russ.)
33. Schaperclaus P.W. Fischkrankheiten. 3 Auflage. Berlin Akademieverlag, 1954. 708 S.
34. Markov G.S. [Physiology of fish parasites]. Major problems of the Parasitology of fish. Leningrad, 1958: 122–144. (In Russ.)
35. Alekin O.A. [Fundamentals of hydrochemistry]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1970. 443 p. (In Russ.)
36. Semenova L.A. [Modern state of the algal flora of the Ural tributaries of the Ob]. Hydrobionts of the Ob basin in the conditions of anthropogenic impact: Coll. of scientific papers of GosNIORH. Saint Petersburg, 1995. Vol. 327: 20–30. (In Russ.)
37. Sharapova T.A. [The zoobenthos of River Shchuchiya]. Hydrobionts of the Ob basin in the conditions of anthropogenic impact. Coll. of scientific papers of GosNIORH. Saint Petersburg, 1995. Issue 327: 56–63. (In Russ.)

38. Osipov A.S. [Parasitic fauna of the Siberian vendace from different parts of its habitat in the North of Tyumen region]. Coll. of scientific papers of GosNIORH, 1984. Vol. 226: 32–35. (In Russ.)
39. Razmashkin D.A. [The larvae of trematodes of the fish of the Lower Ob]. Coll. of scientific works of the Tyumen Research Institute of Regional Infectious Pathology. 1965. Vol. 1: 105–108. (In Russ.)
40. Petrushevsky G.K., Mosevich M.V., Shchupakov I.G. [The fauna of parasites of fishes of the Ob and Irtysh]. Izvestija VNIORH. 1948. Issue 27: 67–96. (In Russ.)
41. Irzhak L.I. [Hemoglobins and their properties]. Moscow, Nauka, 1975. 240 p. (In Russ.)
42. Kamshilov I.M., Kamshilova T.B. [The effect of temperature on the functional performance of crucian carp *Carassius carassius*]. Journal of Ichthyology, 2007. Vol. 47. No. 4: 562–565. (In Russ.)
43. Kamshilov I.M., Zaprudnova R.A. [The Bohr effect in the characteristics of buffer properties of the hemoglobin of fishes]. Proc. of Karelian research centre of RAS, 2013. No. 3: 190–193. (In Russ.)
44. Serpunin G.G., Sementina E.V. [Blood properties of perch of the lake Vishtynetskoye in the spring and summer periods]. Izvestija Kaliningrad State Technical University, 2012. No. 24: 127–132. (In Russ.)
45. Sementina E.V., Serpunin G.G. [Haematological indices of whitefish of the lake Vishtynetskoye in winter]. Izvestija Kaliningrad State Technical University, 2010. No. 17: 15–19. (In Russ.)
46. Matkovskiy A.K. [Long-term changes in the composition of the fish community of the basin of the river Ob in the context of global warming]. Problems of ecology. Readings to commemorate Professor M.M. Kozhov. Abstr. of intern. scientific conf. and intern. school for young scientists (Irkutsk, September, 20–25, 2010). Irkutsk, Publ. house of the Irkutsk State University, 2010: 83. (In Russ.)

Об авторах

Матковский Андрей Константинович,
кандидат биологических наук, начальник отдела
эколого-сырьевых исследований
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 48-60-95; ecology@gosrc.ru

Ширшов Владимир Яковлевич,
кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник отдела аквакультуры
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-87-36; ecology@gosrc.ru

Кривенко Илья Александрович,
младший научный сотрудник
отдела эколого-сырьевых исследований
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-57-98; ecology@gosrc.ru

Савчук Петр Юрьевич,
младший научный сотрудник отдела эколого-сы-
рьевых исследований ФГБНУ «Государственный
научно-производственный центр рыбного хозяй-
ства» 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-57-98; ecology@gosrc.ru

About the authors

Matkovskiy Andrey Konstantinovich,
Ph.D. in Biology, head of the environmental and raw
material studies department
FSBI State Scientific-and-Production Center
of Fishery
Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 48-60-95; ecology@gosrc.ru

Shirshov Vladimir Yakovlevich,
Ph.D. in Biology, senior research associate of the
aquaculture department FSBI State Scientific-and-
Production Center of Fishery
Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 41-87-36; ecology@gosrc.ru

Krivenko Ilya Aleksandrovich,
junior research associate of the environmental
and raw material studies department
FSBI State Scientific-and-Production Center
of Fishery
Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 41-57-98; ecology@gosrc.ru

Savchuk Petr Yuryevich,
junior research associate of the environmental
and raw material studies department
FSBI State Scientific-and-Production Center
of Fishery Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 41-57-98; ecology@gosrc.ru

Коваленко Анна Ивановна,
старший научный сотрудник
отдела эколого-сырьевых исследований
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 33
(3452) 41-57-98; ecology@gosrc.ru

Макаренкова Ирина Юрьевна,
кандидат географических наук, заведующая
сектором токсикологических исследований
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-57-98; odu@gosrc.ru

Семенова Лидия Александровна,
старший научный сотрудник
отдела эколого-сырьевых исследований
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-57-98; ecology@gosrc.ru

Степанова Вера Борисовна,
старший научный сотрудник
отдела эколого-сырьевых исследований
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-58-10; ecology@gosrc.ru

Абдуллина Гузьялия Халимовна,
старший научный сотрудник
отдела эколого-сырьевых исследований
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-58-10; ecology@gosrc.ru

Князева Нина Семеновна,
старший научный сотрудник
отдела эколого-сырьевых исследований
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-57-98; gosrc@gosrc.ru

Захарова Татьяна Викторовна,
старший научный сотрудник
отдела эколого-сырьевых исследований
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-57-98; ecology@gosrc.ru

Kovalenko Anna Ivanovna,
senior research associate of the environmental
and raw material studies department
FSBI State Scientific-and-Production Center
of Fishery
Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 41-57-98; ecology@gosrc.ru

Makarenkova Irina Yuryevna,
Ph.D. in Geography, head of toxicological research
sector
FSBI State Scientific-and-Production Center
of Fishery
Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 41-57-98; odu@gosrc.ru

Semenova Lidiya Aleksandrovna,
senior research associate of the environmental
and raw material studies department
FSBI State Scientific-and-Production Center
of Fishery
Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 41-57-98; ecology@gosrc.ru

Stepanova Vera Borisovna,
senior research associate of the environmental
and raw material studies department
FSBI State Scientific-and-Production Center
of Fishery
Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 41-58-10; ecology@gosrc.ru

Abdullina Guzyaliya Khalimovna,
senior research associate of the environmental
and raw material studies department
FSBI State Scientific-and-Production Center
of Fishery
Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 41-58-10; ecology@gosrc.ru

Knyazeva Nina Semenovna,
senior research associate of the environmental
and raw material studies department
FSBI State Scientific-and-Production Center
of Fishery
Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 41-57-98; gosrc@gosrc.ru

Zakharova Tatiana Viktorovna,
senior research associate of the environmental
and raw material studies department
FSBI State Scientific-and-Production Center
of Fishery
Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen
(3452) 41-57-98; ecology@gosrc.ru