

УДК 597.553.2: 574.52

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ

**О МАССОВОЙ ГИБЕЛИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* И КЕТЫ
O. KETA В САДКАХ ЛРЗ «БАХУРА» (о. САХАЛИН)
В СЕНТЯБРЕ 2019 г.**

**Ю. Н. Полтев (y.poltev@sakhniro.ru),
Т. Г. Коренева, А. А. Антонов**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)

Сахалинский филиал («СахНИРО»)
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196

Полтев Ю. Н., Коренева Т. Г., Антонов А. А. О массовой гибели производителей горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *O. keta* в садках ЛРЗ «Бахура» (о. Сахалин) в сентябре 2019 г. // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2020. – Т. 16. – С. 216–223.

Приведены данные ихтиологических исследований и химико-аналитического анализа проб воды и донных отложений, отобранных на р. Бахура Долинского района (о. Сахалин) и в садках для дозревания лососевого рыбозводного завода «Бахура» в рамках работ по выявлению факторов, обусловивших массовую гибель горбуши и кеты в садках. Значительный дефицит растворенного в воде кислорода (2,7 мг/дм³), связанный с его расходом на дыхание стрессированных в условиях высокой плотности рыб, а также на интенсивное разложение органических веществ, свидетельствует о том, что основной причиной массовой гибели лососей являлась асфиксия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: горбуша, кета, массовая гибель, садки для дозревания, река Бахура (юго-восточный Сахалин).

Табл. – 1, ил. – 2, библиогр. – 21.

Poltev Yu. N., Koreneva T. G., Antonov A. A. On the mass death of producers of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* and chum salmon *O. keta* in cages of the salmon fish-breeding plant "Bakhura" (Sakhalin Island) in September 2019 // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the "SakhNIRO". – Yuzhno-Sakhalinsk : "SakhNIRO", 2020. – Vol. 16. – P. 216–223.

The data on ichthyological studies and chemical-analytical analysis of water samples and bottom sediments taken on the Bakhura River of the Dolinsky district (Sakhalin island) and in cages for ripening a salmon hatchery "Bakhura" as part of the work to identify the factors that caused the mass death pink and chum salmon in cages. A significant deficit of oxygen dissolved in water (2.7 mg/dm³), associated with its expenditure on the respiration of stressed fish under conditions of high density, as well as on the intensive decomposition of organic substances, indicates that asphyxia was the main cause of mass death of salmon.

KEYWORDS: pink salmon, chum salmon, mass death, cages for ripening, Bahura river (southeastern Sakhalin).

Table – 1, fig. – 2, ref. – 21.

Массовая гибель лососей случается как в естественных условиях под влиянием внешних неблагоприятных факторов, так и на рыбоводных заводах из-за несоблюдения технологических норм и правил. Факторы, приводящие к гибели рыб в естественных условиях (антропогенное воздействие, изменение абиотических условий, хищничество, голодание, болезни и пр.), изучены и описаны в литературных источниках (Двинин, 1952; Борисов, 1972; Макеев, 2010; Золотухин, Канзепарова, 2019; и др.). Опубликованных в научной литературе данных о случаях массовой гибели производителей горбуши на лососевых рыбоводных заводах нами не встречено. В настоящей работе представлены результаты ихтиологических исследований и химического анализа проб воды и донных отложений, полученные для выяснения причин массовой гибели лососей в садках для дозревания лососевого рыбоводного завода «Бахура».

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала осуществлен 19 сентября 2019 г. во время работ, организованных Сахалино-Курильским территориальным управлением (СКТУ) в соответствии с приказом Федерального агентства по рыболовству от 08.02.2018 г. № 102 «Об организации деятельности территориальных управлений и подведомственных организаций Росрыболовства при выявлении фактов гибели водных биологических ресурсов и загрязнения среды их обитания». В рамках данных работ проведено натурное обследование участков на р. Бахура выше и ниже места впадения отводного канала, соединяющего реку с садками лососевого рыбоводного завода (ЛРЗ) «Бахура», а также самих садков, в которых произошла массовая гибель тихоокеанских лососей. В процессе пешего визуального осмотра выполнен учет живой и снулой рыбы. Донерестовая гибель горбуши и кеты оценена на основе вскрытия 20 экз. снулых особей каждого из этих видов.

Отбор проб воды и донных отложений выполнен на р. Бахура на расстоянии в 400 м выше и в 100 м ниже места впадения в нее отводного канала. Кроме этого, пробы воды отобраны в одном из садков ЛРЗ «Бахура», а донные отложения, по причине невозможности отбора в садках – на выходе отводного канала из садков. Для сравнения кислородного режима в местах гибели рыб и на контрольной станции отобрана проба воды на содержание растворенного кислорода на р. Бахура на расстоянии в 2 км выше по течению от места впадения в нее отводного канала.

Температура и водородный показатель воды измерены с помощью портативного рН-метра МА-130 фирмы “Mettler Toledo” в момент отбора проб. Концентрация растворенного в воде кислорода рассчитана после анализа методом Винклера (**Объемная концентрация...**, 2010). Значения биохимического потребления кислорода (БПК₅) и перманганатной окисляемости определены титриметрическим, содержание взвешенных веществ – гравиметрическим методами (**Методика выполнения...**, 2006; **ГОСТ 26449.1-85, 2003; Методика измерений...**, 2016). Для измерения массовой концентрации фенолов и нефтепродуктов

в воде и донных отложениях применен флуориметрический метод (**Методика выполнения...**, 2005; **Методика измерений...**, 2010, 2012, 2012а). Анализы проведены на базе аккредитованной лаборатории «СахНИРО».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При пешем визуальном осмотре участка р. Бахура от места впадения в нее отводного канала до точки, расположенной в 2 км выше по течению реки, обнаружено 3 100 экз. живых особей и 950 экз. сненки горбуши, а также 10 экз. живых производителей и 20 экз. сненки кеты. По результатам вскрытия донерестовая гибель горбуши составила 5%. В месте перекрытия р. Бахура щитами учтено 20 000 живых и 5 000 снулых экз. горбуши, в отстойной зоне – 500 живых и 32 снулых экз. кеты. В целом, в основном русле р. Бахура естественная донерестовая гибель горбуши составила 10%, кеты – 30%.

На естественную посленерестовую гибель большинства особей горбуши и кеты указывали внешние признаки – коричнево-бело-зеленая окраска, сильно удлиненные и загнутые челюсти, увеличенный плоский горб у самцов (**рис. 1**).



Рис. 1. Погибшие посленерестовые особи кеты и горбуши

Fig. 1. Dead post-spawning individuals of chum salmon and pink salmon

В садках количество живой горбуши составило 200 экз., кеты – 26 экз.; 6 160 экз. горбуши и 300 экз. кеты оказались погибшими. Исходя из отсутствия у большинства погибших рыб ярких нерестовых изменений, они были представлены донерестовыми особями (**рис. 2**).



а



б

Рис. 2. Обследованный садок (а) и садок с погибшей рыбой (б)
Fig. 2. Inspected cage (a) and cage with dead fish (б)

Как известно, садки служат для дозревания производителей лососей, планируемых для использования в рыбоводном процессе и находящихся, как правило, на IV стадии зрелости. Бетонные садки представляют собой перегороденные на определенном расстоянии каналы, отделы которых используют для разделения самцов от самок, а также дозревших от дозревающих особей (Бойко, 2014; Ефанов, Бойко, 2014). На ЛРЗ «Бахура» бетонные садки служат только для дозревания лососей.

Смертность производителей лососей в садках зависит от различных факторов – длительности выдерживания, плотности посадки, температуры воды, скорости течения, содержания в ней растворенного кислорода (Руководство по искусственному..., 2014). При плотности посадки 40 экз./м² горбуши и 20 экз./м² кеты смертность составляет 5%, а при 80 экз./м² горбуши и 60 экз./м² кеты, она возрастает до 70 и 80% соответственно (Бойко, 2014). В осмотренных нами садках, судя по количеству погибшей в них рыбы, плотность посадки лососей намного превышала допустимые для минимальных потерь значения.

Выдерживание лососей в садках до дозревания осуществляется при определенных температуре и содержании растворенного в воде кислорода (горбуша при $t \leq 15^\circ\text{C}$ и $\text{O}_2 \geq 5$ мг/л; кета при $t \leq 12^\circ\text{C}$ и $\text{O}_2 \geq 7$ мг/л) (Бойко, 2014). Результаты замеров показали, что температура воды в обследованном садке ($12,3^\circ\text{C}$) была оптимальной для дозревания горбуши и несколько выходила за температурный оптимум для дозревания кеты.

На участках, расположенных выше и ниже отводного канала, содержание растворенного в воде кислорода составляло 6,0 и 8,0 мг/дм³ соответственно, обеспечивая рыбам благоприятный кислородный режим. В садке содержание кислорода в воде (2,7 мг/дм³) было более чем в два раза ниже норматива качества, установленного для рыбохозяйственных водоемов (6,0 мг/дм³) (Приказ Минсельхоза..., 2016), что оказывало неблагоприятное воздействие, как на горбушу, так и на кету. Известно, что у тихоокеанских лососей интенсивность физиологических процессов настолько высокая, что даже короткое время (1–2 минуты) нарушения обменных реакций, возникающего вследствие стресса, высокой плотности и кислородного голодания, приводит их к гибели (Золотухин, Канзепарова, 2019). Нахождение в обследованном садке живых рыб (см. рис. 2а) является интересным фактом, показывающим, что для части лососей концентрация растворенного в воде кислорода на уровне 2,7 мг/дм³ не является смертельной. Также представляет интерес факт отсутствия у лососей некоторых клинических признаков асфиксии (Головина и др., 2003; Диагностика и лечебно-профилактические..., 2019). Так, ни у живых, находящихся в условиях дефицита растворенного в воде кислорода, ни у погибших особей не отмечено широко открытых ртов и жаберных крышек (см. рис. 2).

В воде обследованного садка отмечены повышенные значения концентрации взвешенных веществ, величин перманганатной окисляемости и биохимического потребления кислорода (8,5; 3,7 и 7,65 мг/дм³ соответственно) по сравнению с данными для станций, расположенных на р. Бахура ниже (<3,0; 1,5 и 1,84 мг/дм³) и выше (<3,0; 1,6 и 2,01 мг/дм³) места впадения в нее отводного канала (табл.). Кроме того, уровень биохимического потребления кислорода в воде садка превышал соответствующий норматив качества в 3,6 раза, что свидетельствует о существенном загрязнении исследуемой воды органическими веществами (трупы рыб, продукты их метаболизма и др.), на окисление которых затрачивается кислород.

Таблица

Table

Результаты анализа проб воды

Results of analysis of water samples

Название станции	1 Бахура	2 Бахура	3 Бахура	Нормативы качества воды, в т. ч. ПДК
	100 м выше щитков 47°13'00,33" с. ш., 143°00'20,66" в. д.	Садки на рыболодном канале 47°13'01,39" с. ш., 143°00'23,97" в. д.	400 м ниже щитков 47°13'02,37" с. ш., 143°00'48,02" в. д.	
Вода				
Температура, °С	10,6±0,2	12,3±0,2	11,1±0,2	Не должна повышаться более, чем на 5°С по сравнению с естественной температурой водного объекта ¹
Водородный показатель (рН), ед. рН	7,28±0,10	6,83±0,10	6,98±0,10	Должен соответствовать фоновому значению ¹
Растворенный кислород, мг/дм ³	8,0±0,3	2,7±0,1	6,0±0,2	Не менее 6,0 ¹
БПК ₅ , мг/дм ³	2,01±0,52	7,65±1,99	1,84±0,48	Не более 2,1 ¹
Взвешенные вещества, мг/дм ³	<3,0	8,5±2,6	<3,0	Не более 0,25 мг/дм ³ к фоновому значению ¹
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	1,6±0,3	3,7±0,4	1,5±0,3	– (5) ²
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,006±0,003	0,015±0,005	0,007±0,004	0,05 ¹
Донные отложения				
Нефтепродукты, мг/кг	<5,0	7,0±2,8 ³	<5,0	–
Фенолы летучие, мг/кг	<0,05	0,32±0,06 ³	<0,05	–

Примечание. Концентрация растворенного кислорода на фоновой станции (2 км выше по течению от ЛРЗ «Бахура») составляла (9,80±0,31) мг/дм³.

¹ Приказ Минсельхоза России № 552 от 13.12.2016 г.; ² СанПиН 2.1.4.1074-01; ³ Пробы отобраны на выходе отводного канала из садков.

В пробе воды, отобранной в садке, была выявлена положительная качественная реакция на сероводород, появление которого является следствием деструкции органических веществ в условиях дефицита кислорода. При этом, значение водородного показателя в воде садка (6,83 ед. рН) было ниже по сравнению с таковым в реке (6,98–7,28 ед. рН), а также не укладывалось в оптимальный для рыб диапазон значений рН – 7–8 ед. (**Введение в ихтиологию...**, 2005). С учетом роста токсичности сероводорода при снижении уровня водородного показателя, очевидно, что для горбуши и кеты условия созревания в садке сложились крайне неблагоприятные.

Результаты анализа воды и донных отложений на содержание нефтепродуктов и фенолов, проведенного для оценки возможного антропогенного загрязнения, свидетельствуют об отсутствии их токсичного воздействия на лососей. Так, содержание нефтепродуктов в воде повсеместно было низким (0,006–0,015 мг/дм³) и не превышало ПДК. В донных отложениях уровни концентрации нефтепродуктов и фенолов находились ниже чувствительности метода. Несколько повышенные их значения в месте выхода отводного канала из садков, очевидно, связаны с процессами метаболизма, биохимическим распадом и трансформацией органических веществ, активно протекающими при массовой гибели рыб в водной толще и в донных отложениях (**Кумани, Соловьева, 2005**).

Таким образом, результаты проведенного анализа указывают на то, что основной причиной массовой гибели рыб в садках ЛРЗ «Бахура» является асфиксия, вызванная значительным дефицитом кислорода из-за его расходования на дыхание стрессированных рыб в условиях высокой плотности и на окисление органических веществ. Дополнительными факторами смертности производителей лососей могли быть низкие значения водородного показателя и присутствие в воде сероводорода.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны сотрудникам лаборатории исследований среды и мониторинга антропогенного воздействия Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО») за оперативную обработку проб.

ЛИТЕРАТУРА

- Биохимическое** потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом: РД 52.24.420-2006. – Ростов-на-Дону : ФГБУ «ГХИ», 2006. – 21 с.
- Бойко А. В.** Экологические особенности искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в условиях современных рыбоводных заводов Сахалинской области : Автореф. ... канд. биол. наук. – Петрозаводск, 2014. – 24 с.
- Введение** в ихтиологию : Учеб. пособие / Н. В. Ильмаст. – Петрозаводск : Карельский науч. центр РАН, 2005. – 148 с.
- Головина Н. А., Стрелков Ю. А., Воронин В. Н., Головин П. П., Евдокимова Е. Б., Юхименко Л. Н.** Ихтиопатология. – М. : Мир, 2003. – 448 с. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).
- ГОСТ 26449.1-85.** Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод. – Введ. 01.01.1987. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2003. – С. 6–7.
- Двинин П. А.** Лососи южного Сахалина // Изв. ТИНРО. – 1952. – Т. 37. – С. 69–108.

Диагностика и лечебно-профилактические мероприятия при болезнях рыб : Учебное пособие для студентов факультета ветеринарной медицины / Сост. : Е. И. Нижельская, О. Н. Полозюк, Л.Г. Войтенко; Донской ГАУ. – Персиановский : Донской ГАУ, **2019**. – 162 с.

Ефанов В. Н., Бойко А. В. Экологические особенности и оптимизация условий искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на современных рыбоводных заводах Сахалинской области. – Ю-Сах. : Изд-во СахГУ, **2014**. – 124 с.

Золотухин С. Ф., Канзепарова А. Н. Тихоокеанские лососи Амура. – Владивосток : Всемирный фонд дикой природы (WWF), **2019**. – 110 с.

Кумани М. В., Соловьева Ю. А. Загрязнение малых рек ЦЧО фенолами и биогенными веществами // Геоэкологические исследования Курской области. – Курск : Изд-во Курского гос. ун-та, **2005**. – С. 133–142.

Макеев С. С. Регулирование заполнения нерестовых рек производителями лососей. Анивский отдел ихтиологии, рыболовства, мониторинга водных биоресурсов и среды их обитания ФГУ «Сахалинрыбвод», **2010**. – 52 с.

Методика выполнения измерений массовой доли летучих фенолов в пробах почв, осадках сточных вод и отходов фотометрическим методом после отгонки с водяным паром: ПНД Ф 16.1:2.3:44-05. – М. : ФГУ «ФЦАО», **2005**. – 14 с.

Методика измерений массовой концентрации взвешенных веществ в пробах природных и сточных вод гравиметрическим методом: ПНД Ф 14.1:2.3:110-97. – М. : ФГБУ «ФЦАО», **2016**. – 15 с.

Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» (М 01-05-2012): ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. – М.: ФБУ «ФЦАО», **2012**. – 25 с.

Методика измерений массовой концентрации фенолов (общих и летучих) в пробах природных, питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»: ПНД Ф 14.1:2:4.182-02. – М. : ФГУ «Центр экологического контроля и анализа», **2010**. – 29 с.

Методика измерения массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-92» (М 03-03-2012): ПНД Ф 16.1:2.21-98. – М. : ФБУ «ФЦАО», **2012а**. – 25 с.

Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах. Методика измерений йодометрическим методом: РД 52.10.736-2010. – М. : ФГУ ГОИН, **2010**. – 27 с.

Приказ Минсельхоза России № 552 от 13.12.2016. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс] / Доступ из ИИС «Техэксперт». Дата обращения 27.04.2020.

Приказ Федерального агентства по рыболовству от 08.02.2018 г. № 102 «Об организации деятельности территориальных управлений и подведомственных организаций Росрыболовства при выявлении фактов гибели водных биологических ресурсов и загрязнения среды их обитания».

Руководство по искусственному разведению тихоокеанских лососей на рыбоводных заводах Магаданской области / Сост.: Л. Л. Хованская, Б. П. Сафроненков, Е. А. Фомин; Магадан-НИРО. – Магадан : Кордис, **2014**. – С. 6–15.

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности [Электронный ресурс] / Доступ из ИИС «Техэксперт». Дата обращения 27.04.2020.