

Научная статья/ Original article
УДК 597.557.511:57.087.3(282.257.21)
doi:10.15853/2072-8212.2024.73.53-62
EDN: ONYHLC



ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЛОВУШЕК ДЛЯ ВЕДЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКОВ НЕРЕСТОВОЙ МИГРАЦИИ И НЕРЕСТА РАННЕЙ ФОРМЫ НЕРКИ ОЗ. АЗАБАЧЬЕГО В 2023 Г.

Потапов Александр Сергеевич[✉], Фадеев Евгений Сергеевич

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, potapov.a.s@kamniro.vniro.ru[✉]

Аннотация. В работе оценена эффективность применения фотоловушки для наблюдения за нерестом производителей нерки на мелких ключевых нерестилищах, определены оптимальные критерии для ее установки. Уточнены сроки прохождения производителями нерки различных участков реки от Камчатского залива до нерестилищ оз. Азабачье, даны рекомендации о сроках проведения авиаучетных исследований в бассейне озера.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, производители, нерка, фотоловушка, озеро Азабачье, нерест, мониторинг

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Потапов А.С., Фадеев Е.С. Применение фотоловушек для ведения непрерывного мониторинга и определения сроков нерестовой миграции и нереста ранней формы нерки оз. Азабачье в 2023 г. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2024. Вып. 73. С. 53–62. EDN: ONYHLC. doi:10.15853/2072-8212.2024.73.53-62

USING THE CAMERA TRAPS FOR PERMANENT MONITORING AND FIGURING OUT THE TIME OF SPAWNING MIGRATION AND SPAWN OF EARLY MORPH OF SOCKEYE SALMON IN THE AZABACHYE LAKE IN 2023

Alexander S. Potapov[✉], Evgeny S. Fadeev

Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, potapov.a.s@kamniro.vniro.ru[✉]

Abstract. Efficiency of using camera trap to monitor spawning sockeye salmon on small spring-type spawning grounds is evaluated and optimal criteria for installation are determined in the paper. The time of sockeye salmon migration in different sections of spawning route from Kamchatka Gulf to the spawning grounds in the Azabachye Lake is clarified, and recommendations on the timing of aerial surveys in the lake basin were given.

Keywords: Pacific salmon, spawners, sockeye salmon, camera trap, Azabachye Lake, spawning, monitoring

Funding. The study was not sponsored.

For citation: Potapov A.S., Fadeev E.S. Using the camera traps for permanent monitoring and figuring out the time of spawning migration and spawn of early morph of sockeye salmon in the Azabachye Lake in 2023 // The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean, 2024, vol. 73, pp. 53–62. EDN: ONYHLC. doi:10.15853/2072-8212.2024.73.53-62

Нерестилища ранней формы нерки оз. Азабачье располагаются в основном в речных потоках (около 72% от всех нерестилищ). Ключевые нерестилища ранней нерки в бассейне озера занимают около 13%, а озерные — 15% (Бугаев, Остроумов, 1990). Отдаленность от стационарного наблюдательного пункта и труднодоступность ключевых нерестилищ приводят к сложностям ведения непрерывного монито-

ринга за их заполнением производителями и процессом нереста. Ранее исследователям для проведения непрерывных наблюдений за жизнью нерки на гнездах приходилось обустривать временные жилища непосредственно у нерестилищ, на время всего нерестового периода производителей (Островский, Семенченко, 1985; Паренский, 1990). При этом нахождение человека у нерестилищ крайне небезопасно,

поскольку концентрация нерки на доступных для медведей площадях привлекает большое количество этих хищников, кормящихся в летне-осенний период в бассейне озера (Бугаев, Остроумов, 2004).

В последнее время, по мере развития цифровой техники, стали активно внедряться новые инструменты дистанционного наблюдения. Для оценки численности и наблюдений за распределением нерки на нерестилищах активно применяются беспилотные летательные аппараты (БПЛА) (Запорожец, Запорожец, 2017; Свиридов и др., 2022; Christie et al., 2016; Groves et al., 2016). Однако исследования с помощью квадрокоптеров потребительского класса имеют ряд ограничений, в частности малая дистанция (до 5 км) и продолжительность полета (до 45 мин).

Для автономного, непрерывного и продолжительного наблюдения за производителями нерки оз. Азабачьего в период нерестовой миграции и нереста в 2023 г. впервые был применен инструмент, являющийся разновидностью цифрового фотоаппарата, предназначенного для съемки без участия человека, с автоматической активацией — фотоловушка. С ее помощью появилась возможность исследовать процесс нереста нерки на протяжении всего сезона.

Местом для настоящего исследования была выбрана Тимофеевская чаша – 1 (р. Тимофеевская). Приоритет выбора площадки для проведения работ определялся относительной близостью к оз. Азабачьему, необходимой для осуществления периодического контроля над обитанием (1–2 раза в месяц), средней или высокой прозрачностью воды и небольшой глубиной (до 0,4 м). Площадь нерестилища в Тимофеевской чаше составляет 0,01 га при общей площади всех нерестилищ для ранней нерки около 51 га.

Основная цель работы — исследовать возможность применения фотоловушек для проведения непрерывного мониторинга и определения сроков нерестовой миграции и нереста ранней формы нерки оз. Азабачьего в 2023 г.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие задачи:

- определить критерии для места установки фотоловушки;
- выявить основные преимущества и недостатки использования фотоловушек;
- изучить особенности нереста, сроки миграции производителей ранней формы нерки;
- оценить долю выедания медведями ранней формы нерки на нерестилище.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для реализации исследования использована фотоловушка Seelock S308 (рис. 1). Данная фотоловушка имеет цифровую камеру 12Мп, которая позволяет проводить круглосуточную фотосъемку как с помощью функции таймера (таймлапс), так и датчика движения, а также вести запись видео в разрешении 1920*1080 пикселей. Кроме того, возможна одновременная фиксация фото- и видеоматериала. Фотоловушка оснащена дисплеем с функцией просмотра, а также термометром, измеряющим температуру окружающей среды.

Технические характеристики фотоловушки Seelock S308: габариты — 152×127×78 мм; температурный режим работы — от –20 °С до +60 °С; тип датчика движения — PIR, 4 степени чувствительности; дальность срабатывания — 25 м; тип карты памяти — SD и SDHC до 32 Гб; дальность ИК подсветки — 18 м; угол обзора — 50°; количество батареек типа AA — 12 шт.; скорость срабатывания — 0,6 сек; максимальный размер фотографии — 12 Мп; поддержка видео — 1920×1080 пикс. Фотоловушка Seelock



Рис. 1. Фотоловушка Seelock S308
Fig. 1. The camera trap Seelock S308

S308 имеет возможность питания от 12 батареек типа АА.

Для наблюдений за миграцией нерки на нерестилища использовали аэрофотосъемку, которую осуществляли с помощью квадрокоптера DJI “Mavic 3 MiniPRO” (Dajiang Innovation Technology Co, КНР). Фотографирование проводили с высоты 20–30 м.

Снимки, сделанные с помощью фотоловушки и БПЛА, были проанализированы в стандартных программах просмотра изображений Windows 10 (Microsoft Corporation, США) и свободно распространяемой программе ImageJ (National Institutes of Health, США) (Запорожец, Запорожец, 2017; Kudo et al., 2012; Whitehead et al., 2014; Christie et al., 2016; Groves et al., 2016).

В качестве рыбоучетной системы в пр. Азабачьей в 2023 г. был использован гидроакустический комплекс DT-X (BioSonics Inc.). Программное обеспечение комплекса состоит из штатной программы управления и сбора данных в реальном времени Visual Acquisition (BioSonics Inc., США) и программы камеральной обработки данных в отложенном времени Echoview (Echoview Software Pty Ltd, Австралия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдения за производителями нерки в Тимофеевской чаше – 1 проводили с 16.06.2023 по 12.08.2023 путем создания серии фотоснимков с использованием функции таймлапс (частота 1 снимок в час). Фотосъемку вели в течение 55

дней. Фотографии записывались на съемную SDHC-карту объемом 32Гб. Данные с фотоловушки снимали три раза за период исследования (09.07, 22.07 и 10.08). В общей сложности было получено более 1300 фотоснимков. В результате проведенных исследований выяснили, что объем памяти съемного носителя фотоловушки и емкость батарей питания позволяют выставлять интервал между фотоснимками 30–40 минут и при этом записывать видео продолжительностью 10–15 секунд. Такой интервал позволяет накапливать данные в течение всего периода исследований (3–4 месяца) без их снятия и замены батарей.

Фотоловушка была установлена на одном из склонов рядом с Тимофеевской чашей – 1 на высоте примерно 20–25 м. Расстояние установки фотоловушки от нерестилища обусловлено тем, чтобы охват объектива был максимальным без применения цифрового увеличения фотоснимков. Высота установки фотоловушки выбирается так, чтобы максимально увеличить угол между плоскостью водоема и объективом фотоловушки, так как при этом уменьшается эффект «зеркала», который создается от отражения света от водной поверхности.

Тимофеевская чаша – 1 находится в северной части озера на расстоянии около 700 м от берега и около 1,6 км от бывшего наблюдательного пункта КамчатНИРО и является лимнокреном (рис. 2). Глубина чаши составляет от 20 до 40 см, общая площадь — порядка 1000 м².

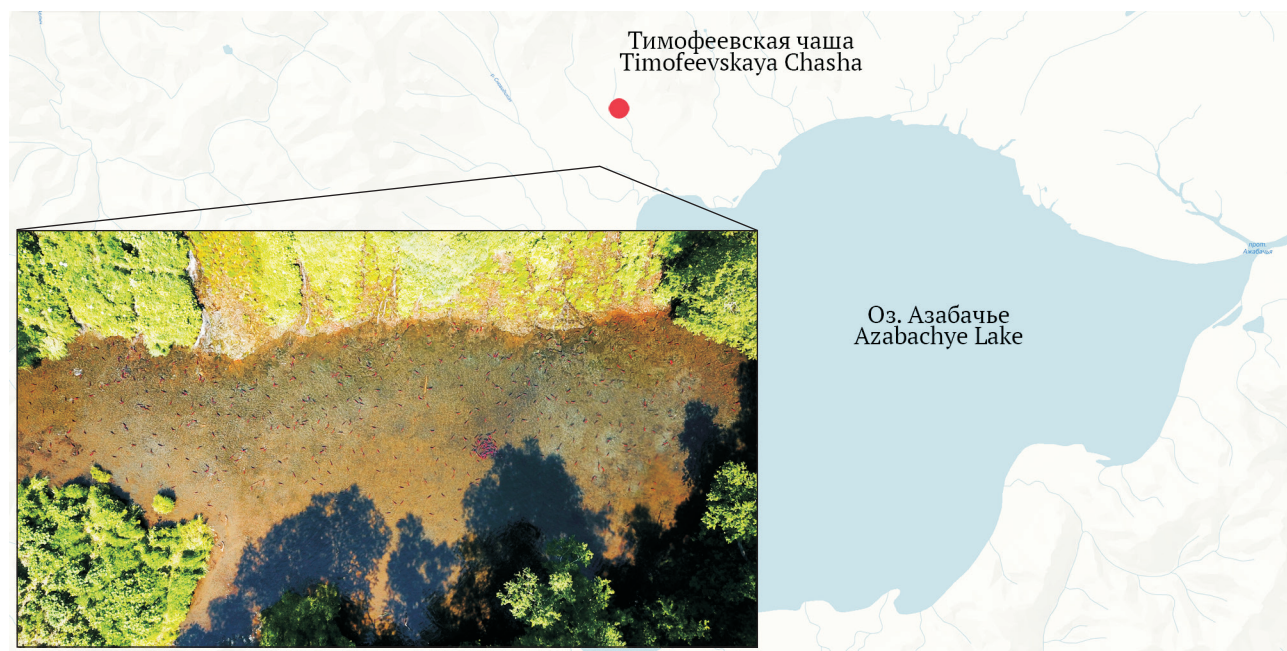


Рис. 2. Карта-схема расположения Тимофеевской чаши – 1 в бассейне оз. Азабачьего
Fig. 2. Schematic map of the Timofeevskaya Chasha – 1 location in the Azabachye Lake basin

Характеристики объекта ловушки позволили охватить около 85% исследуемого нерестилища.

Лососевый промысел на морских рыболовных участках (далее — РЛУ) в Камчатском заливе в 2023 г. был начат 07.06, на речных РЛУ Усть-Камчатского района — 10.06. С 07.06 по 08.06 объем добычи нерки был невысокий — не более 100 т в сутки. Согласно динамике уловов, на морских РЛУ массовый нерестовый ход ранней формы нерки начался 10.06, когда среднесуточные объемы вылова достигали порядка 800 т. Далее проходные дни для промысла в Камчатском заливе пришлось на 11.06 и 12.06 и на речные РЛУ — 11.06–13.06 (рис. 3, 4).

По результатам моделирования численности рыб на основе контрольных и промышленных уловов на рыболовном участке промышленного рыболовства № 832 «Хваленка», расположенном в нижнем течении реки, массо-

вый ход нерки начался 13 июня и продолжался до 21 июня, а в пр. Азабачьей (по данным гидроакустических исследований) — с 16 июня до 22 июня (рис. 4, 5). Полученные данные о начале массового хода нерки ранней формы в различных участках промыслового района (Камчатский залив и нижнее течение р. Камчатки) в 2023 г. подтверждают ранее выдвинутое заключение о том, что ранняя нерка преодолевает участок от Камчатского залива до оз. Азабачьего в среднем за 4–6 суток (Фадеев и др., 2019).

Из-за большой разницы температуры воды в Камчатском заливе, нижнем течении реки, в протоке и в озере, миграция ранней нерки происходит с отстаиванием ее в местах смешения вод (Шевляков, Фадеев, 2015). Так, нерка, мигрирующая из протоки в озеро, не сразу распределяется к местам нереста, а сначала нагуливается в восточной мелководной части озера.

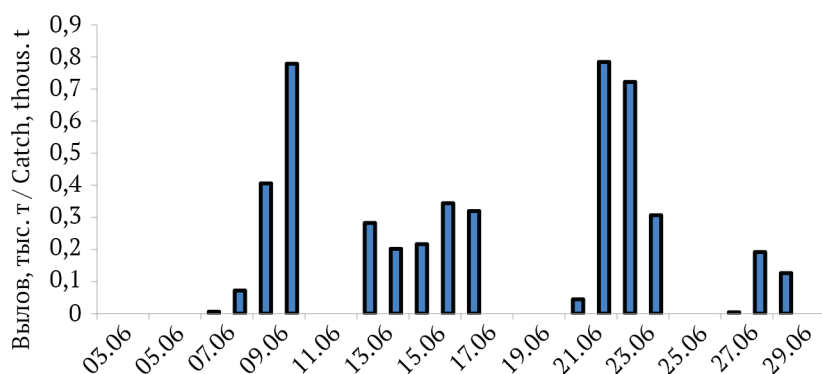


Рис. 3. Динамика вылова ранней нерки в Камчатском заливе в июне 2023 г.
Fig. 3. Catch dynamics of early sockeye salmon in Kamchatka Gulf in June 2023

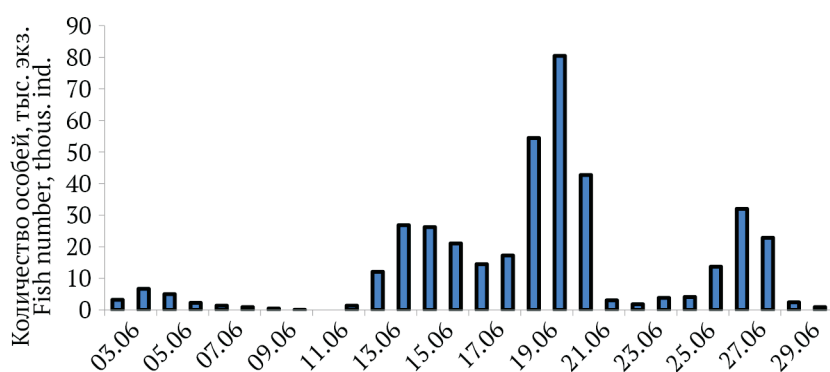


Рис. 4. Динамика пропуска ранней нерки в нижнем течении р. Камчатки в июне 2023 г.
Fig. 4. Dynamics of early sockeye salmon escapement in the low part of the Kamchatka River in June 2023

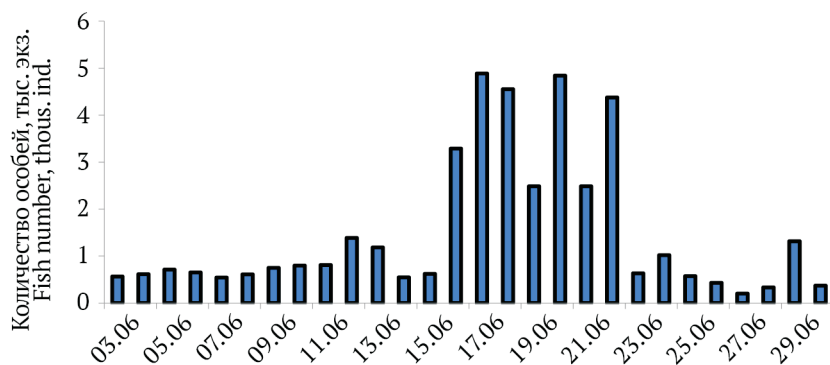


Рис. 5. Динамика пропуска ранней нерки в пр. Азабачьей в июне 2023 г.
Fig. 5. Dynamics of early sockeye salmon escapement in the Azabachya Channel in June 2023

В этой части озера вода прогревается значительно быстрее, чем в остальных. После захода в озеро ранняя нерка концентрируется на данном участке водоема, формируя скопления, откуда, по мере созревания, постепенно мигрирует к устьям притоков озера.

Так, при проведении нами контрольных исследований с помощью БПЛА (24.06, 28.06, 05.07.2023), максимальное количество производителей нерки у р. Тимофеевской, вытекающей из Тимофеевской чаши – 1, было зафиксировано 28 июня в количестве 500–700 особей (рис. 6).

Первая пара производителей нерки отмечена на нерестилище Тимофеевская чаша – 1 05.06.2023, а последняя – 24.07.2023. Максимальна численность нерестящихся рыб, зафиксированная с помощью фотоловушки 14–16.07.2023 (рис. 7).

Можно сделать вывод, что миграция ранней нерки из залива до озера происходит в течение 4–6 суток, что подтверждается ранее проведенными исследованиями (Фадеев и др., 2019). Затем, около двух недель, проходит период созревания производителей непосредственно в

озере, после чего рыба начинает распределяться по нерестилищам. Таким образом, временной лаг от подхода ранней нерки в Камчатский залив до массового нереста в бассейне оз. Азабачьего составляет около пяти недель (рис. 8).

По результатам исследований выяснили, что нерест ранней нерки в Тимофеевской чаше – 1 в 2023 г. продолжался около 20 суток. Максимальное число зафиксированных с помощью фотоловушки производителей за сутки отмечено 15 июля (76 экз.) (рис. 7).

Анализ полученных фотоснимков показал, что в среднем период созревания производителей в чаше составил 2–3 суток, продолжительность нереста – 3 суток, после чего начался процесс заиливания гнезд (рис. 9).

Максимальный прирост производителей на нерестилище отмечен 10 июля (22 экз. за сутки) и 15 июля (23 экз. за сутки). Явно выраженной смены генераций за весь период наблюдений не выявлено. Это может свидетельствовать о том, что рыбы на нерестилище были из одного подхода и не имели различия в темпоральных формах.

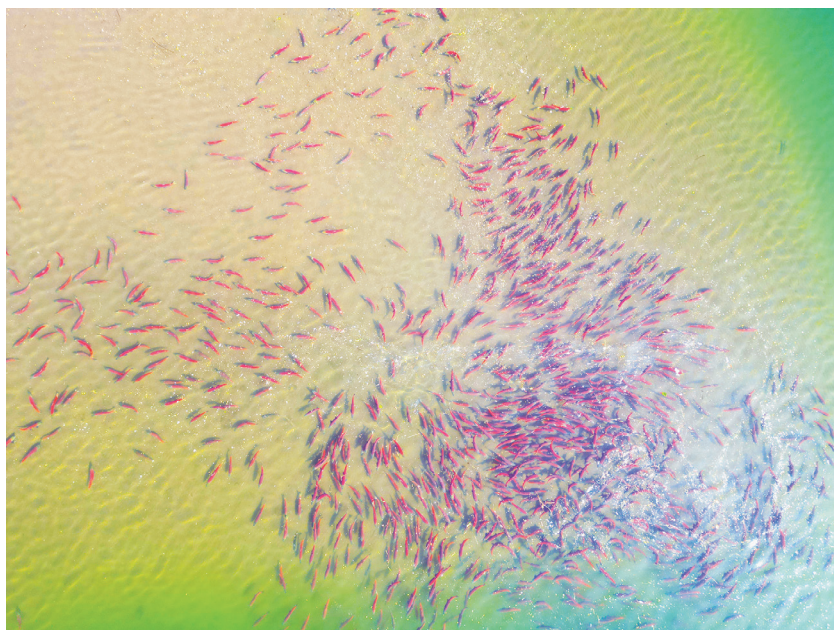


Рис. 6. Ранняя нерка в устьевой зоне реки, вытекающей из Тимофеевской чаши – 1 (28.06.2023)
Fig. 6. Early sockeye salmon in the mouth part of the river, emerging from the Timofeevskaya Chasha – 1 (28.06.2023)

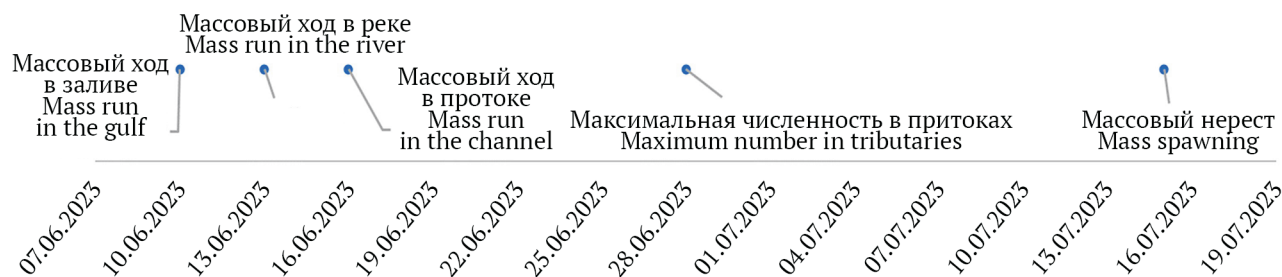


Рис. 7. Массовый ход и нерест производителей ранней нерки в июне 2023 г.
Fig. 7. Mass run and spawning of early sockeye salmon in June 2023

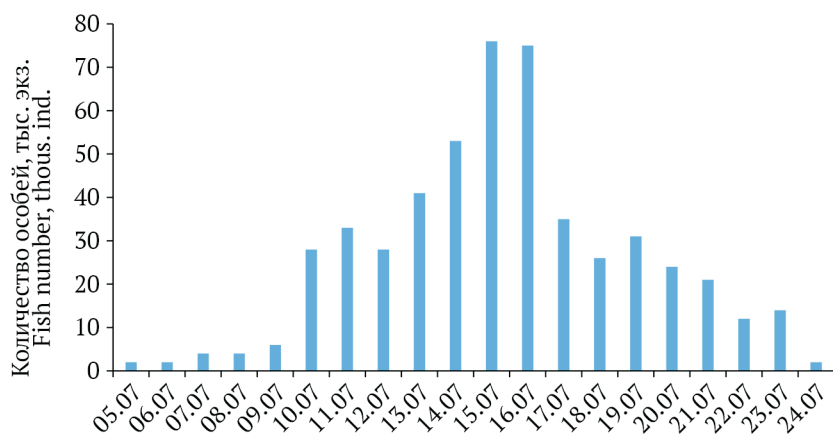


Рис. 8. Динамика численности производителей нерки в Тимофеевской чаше – 1 в июле 2023 г.
Fig. 8. Dynamics of the number of sockeye salmon spawners in the Timofeevskaya Chasha – 1 in July 2023

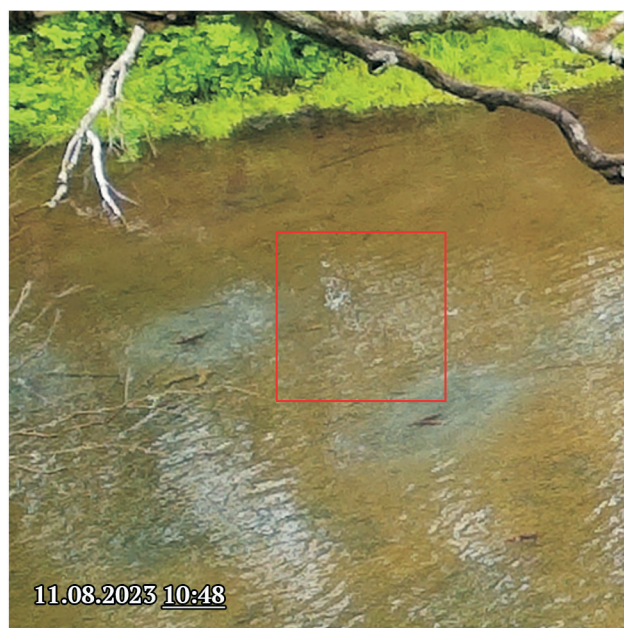
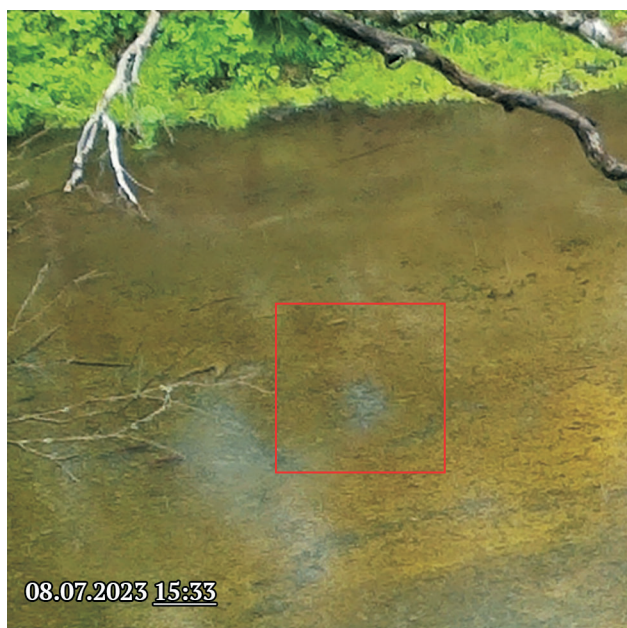


Рис. 9. Нерест ранней формы нерки в Тимофеевской чаше – 1. 08.07 и 10–11.08.2023
Fig. 9. Spawning of early morph of sockeye salmon in the Timofeevskaya Chasha – 1. 08.07 и 10–11.08.2023

По данным, полученным с фотоловушки, период от захода производителей на нерестилища и до окончания нереста составлял 5–6 дней. Период от окончания нереста до гибели не удалось достоверно определить, однако, по наблюдениям В.А. Паренского (1990), средняя продолжительность жизни нерки на нерестилищах озера составляет в среднем 10–14 дней. Полагаем, что период жизни производителей на нерестилище Тимофеевская чаша — 1 в 2023 г. мог быть менее продолжительным, так как рыбу активно выедали медведи. Медведи, как правило, съедают особей, которые, в большей своей части, уже участвовали в нересте. Предпочтение медведей к такой рыбе происходит из-за того, что после нереста она менее активна и для ее поимки тратится меньше энергии (Середкин, Пачковский, 2004, 2006; Паренский, 2005).

В ночь с 16 по 17 июля численность производителей нерки сократилась с 75 до 35 экз. На фотографиях не было обнаружено ни одной сненки за это время, т. е. выедаемость нерки медведями за сутки составила более половины всех нерестящихся рыб — 40 экз., или 53%. Интенсивность элиминации на мелководных нерестилищах обычно очень высока, иногда достигает 90%. По данным Е.А. Шевлякова (2016), в среднем один камчатский бурый медведь съедает около 10–15 рыб за сутки.

Кроме того, в годы низкой численности лососей или с особыми гидрологическими условиями (низкие уровни воды в притоках озера) существует угроза сохранения пространственной структуры популяций и даже угроза их существования (Бугаев и др., 2007). Так, в 2005 г. на фоне крайне низкого пропуска ранней нерки в оз. Азабачье на 6 из 11 нерестовых водотоков нерест ее полностью отсутствовал из-за выедания медведем (Паренский, 2005).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований удалось доказать положительную эффективность применения фотоловушек. Технические характеристики фотоловушки позволили зафиксировать производителей на одном из нерестилищ. Выбранный интервал между фотоснимками (30–40 минут) и записью видео (10–15 сек.) позволил накапливать данные в течение всего периода исследований (3–4 месяца) без их снятия и замены батарей.

Определены оптимальные критерии места установки фотоловушки. В частности, фотоловушку следует устанавливать как можно выше,

стремясь к углу в 90 градусов между объективом и водной поверхностью, чтобы избежать бликов от воды на фотоснимках.

Благодаря исследованию, выяснено, что ранняя форма нерки оз. Азабачье приступает к нересту примерно через 5 недель после ее подхода в Камчатский залив. Продолжительность нереста вида составляла около 20 дней (массовый — примерно 7 дней), а время жизни производителей на относительно небольших ключевых нерестилищах при низком их заполнении составляет не менее 5–6 дней. Сокращение периода жизни производителей из небольших притоков озера было связано прежде всего с высокой выедаемостью медведями. Так, в течение суток процент выедания нерки на нерестилище составил более половины всех рыб — 53%.

Исследование показало, что в условиях невысокого заполнения нерестилищ производителями, с учетом скоротечности процесса нереста, активного выедания медведями и быстротой заиливания гнезд, необходимо более тщательно подходить к планированию авиаучетных исследований ранней нерки оз. Азабачье, которая в основном для нереста распределяется по притокам водоема. Таким образом, мониторинговые авиаучетные работы необходимо проводить через 5 недель после начала активного подхода ранней нерки к морским РЛУ в Камчатском заливе или через 4 недели после массовой ее миграции в протоку озера через гидроакустический створ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О., Зорбиди Ж.Х., Остроумов А.Г., Тиллер И.В. 2007. Рыбы реки Камчатка. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 459 с.
- Бугаев В.Ф., Остроумов А.Г. 1990. О типах нерестилищ и размерах тела производителей нерки в бассейне р. Камчатки // *Вопр. географии Камчатки*. № 10. С. 56–66.
- Бугаев В.Ф., Остроумов А.Г. 2004. Влияние численности производителей нерки *Oncorhynchus nerka* на численность бурого медведя *Ursus ursus arctos* и некоторых видов птиц в бассейне оз. Азабачье (бассейн р. Камчатки) / *Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей* : Матер. V Науч. конф. (Петропавловск-Камчатский, 22–24 ноября 2004 г.). С. 264–267.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2017. Использование фото- и видеофиксации для оценки количества производителей тихоокеанских ло-

сосей на нерестилищах и путях их миграции: некоторые методические подходы // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 47. С. 77–90.

Островский В.И., Семенченко Н.Н. 1985. Роль социального стресса в регуляции численности популяции нерки (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) / Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов в открытом океане. Владивосток. С. 48–49.

Паренский В.А. 1990. Репродуктивное поведение и эффективность нереста нерки *Oncorhynchus nerka* Walbaum : Дис. ... канд. биол. наук. 133 с.

Паренский В.А. 2005. Роль медведей в динамике численности лососей Камчатки / Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : Матер. VI Науч. конф. С. 132–136.

Свиридов В.В., Подорожнюк Е.В., Никитин В.Д., Скорик А.В. 2022. Модификации беспилотного учета производителей тихоокеанских лососей в реках Сахалинской области и Хабаровского края // Изв. ТИНРО. Т. 202, № 4. С. 1015–1031.

Середкин И.В., Пачковский Дж. 2004. Питание бурого медведя лососем на реке Кроноцкой в 2003 г. / Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : Матер. V Науч. конф. С. 284–287.

Середкин И.В., Пачковский Дж. 2006. Питание бурого медведя тихоокеанскими лососями на р. Кроноцкая, Камчатка / Бурый медведь Камчатки: экология, охрана, рациональное использование. Владивосток: Дальнаука. С. 78–84.

Фадеев Е.С., Шевляков Е.А., Фельдман М.Г. 2019. Комплексный мониторинг пропуска производителей тихоокеанских лососей р. Камчатки в режиме реального времени // Изв. ТИНРО. Т. 197. С. 3–20.

Шевляков Е.А. 2016. Роль камчатского бурого медведя (*Ursus Arctos Piscator*) в формировании нерестового запаса камчатских лососей рода *Oncorhynchus* // Бюл. № 11 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». С. 120–128.

Шевляков Е.А., Фадеев Е.С. 2015. Проблемы рационального рыболовства тихоокеанских лососей в бас. р. Камчатки и Камчатском заливе, меры управления // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 38. С. 5–28.

Christie K.S., Gilbert S.L., Brown C.L., Hatfield M., Hanson L. 2016. Unmanned aircraft systems in wildlife research: current and future applications of a

transformative technology // *Frontiers in Ecology and the Environment*. Vol. 14, issue 5. P. 241–251.

Groves P.A., Alcorn B., Wiest M.M., Maselko J.M., Connor W.P. 2016. Testing unmanned aircraft systems for salmon spawning surveys // *FACETS* 1: P. 187–204.

Kudo H., Koshino Y., Eto A., Ichimura M., Kaeriyama M. 2012. Cost-effective accurate estimates of adult chum salmon, *Oncorhynchus keta*, abundance in a Japanese river using a radio-controlled helicopter // *Fisheries Research*, 119–120: 94–98.

Whitehead K., Hugenholtz C.H., Myshak S., Brown O., LeClair A., Tamminga A., Barchyn T.E., Moorman B., Eaton B. 2014. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: scientific and commercial applications // *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 2 (3): 86–102.

REFERENCES

Bugayev V.F., Ostroumov A.G. O *tipakh neres-tilishch i razmerakh tela proizvoditeley nerki v bassejne r. Kamchatka* [On the types of spawning grounds and body sizes of sockeye salmon spawners in the river basin Kamchatka]. *Voprosy geografii Kamchatki*, 1990, no. 10, pp. 56–66. (In Russ.) EDN: DKYXNK

Bugayev V.F., Ostroumov A.G. The influence of the number of sockeye salmon spawners *Oncorhynchus nerka* on the number of brown bear *Ursus ursus arctos* and some bird species in the lake basin Azabachy (Kamchatka River basin). *Conservation of biodiversity of Kamchatka and adjacent seas: Materials of the V scientific conference*. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2004, pp. 264–267. (In Russ.) EDN: CBRHAV

Bugaev V.F., Vronsky B.B., Zavarina L.O., Zorbi-di Zh. h., Ostroumov A.U., Tiller I.V. *Ryby reki Kamchatka* [Pisces of the Kamchatka River]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2007, 459 p.

Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. Using the photo- and video records for assessment of pacific salmon escapement on migration routes and spawning grounds: some of methodical approaches. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2017, vol. 47, pp. 77–90. (In Russ.) EDN: YVPUYM. doi:10.15853/2072-8212.2017.47.77-90

Ostrovskiy V.I., Semenchenko N.N. The role of social stress in the regulation of the population of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka* Walbaum). *Issledovaniye i ratsionalnoye ispolzovaniye bioresursov dal'nevostochnykh i severnykh morey SSSR i perspektivy sozdaniya tekhnicheskikh sredstv dlya*

osvoyeniya neispolzuyemykh bioresursov v otkrytom okeane [Research and rational use of biological resources of the Far Eastern and northern seas of the USSR and prospects for the creation of technical means for the development of unused biological resources in the ocean]. Vladivostok: TINRO, 1985, pp. 48–49.

Parenskiy V.A. *Reproduktivnoye povedeniye i effektivnost' neresta nerki Oncorhynchus nerka Walbaum: dis. ... kand. biol. nauk* [Reproductive behavior and spawning efficiency of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* Walbaum: Dis. ... cand. biol. sciences]. Vladivostok: IBM DVO, 1990, 133 p.

Parenskiy V.A. The role of bears in the dynamics of salmon numbers in Kamchatka. *Conservation of biodiversity of Kamchatka and adjacent seas: Materials of the VI scientific conference*. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2005, pp. 264–267. (In Russ.)

Sviridov V.V., Podorozhnyuk E.V., Nikitin V.D., Skorik A.V. Modifications of unmanned aerial survey on spawners of pacific salmon in the rivers of Sakhalin and Khabarovsk Regions. *Izvestiya TINRO*, 2022, vol. 202 (4), pp. 1015–1031. (In Russ.) EDN: JULFRV. doi:10.26428/1606-9919-2022-202-1015-1031

Seredkin I.V., Paczkowski J. Brown bears feeding on salmon on the Kronotsky River in 2003. *Conservation of biodiversity of Kamchatka and adjacent seas: Materials of the V scientific conference*. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2004, pp. 284–287. (In Russ.)

Seredkin I.V., Paczkowski J. Brown bear feeding on pacific salmon in the Kronotsky River of Kamchatka. *Kamchatka Brown Bear: Ecology, Conservation, and Sustainable Use*. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2006, pp. 78–84. EDN: ZIGZMN

Fadeev E.S., Shevlyakov E.A., Feldman M.G. Complex monitoring of salmon spawners escapement to the Kamchatka River in real time regime. *Izvestiya TINRO*, 2019, vol. 197, pp. 3–20. (In Russ.) EDN: TUDAPK. doi:10.26428/1606-9919-2019-197-3-20

Shevlyakov E.A. The role of the Kamchatka brown bear (*Ursus Arctos Piscator*) in the formation of the spawning stock of Kamchatka salmon of the genus *Oncorhynchus*. *Bull. No. 11 study of Pacific salmon in the Far East*, 2016, pp. 120–128. (In Russ.)

Shevlyakov E.A., Fadeev E.S. Problems of rational fishery of pacific salmon in the basin of the River Kamchatka and Kamchatsky Gulf, measures of management. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2015, vol. 38, pp. 5–28. (In Russ.) EDN: VBHLZT. doi:10.15853/2072-8212.2015.38.5-28

Christie K.S., Gilbert S.L., Brown C.L., Hatfield M., Hanson L. Unmanned aircraft systems in wildlife research: current and future applications of a transformative technology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2016, vol. 14, issue 5, pp. 241–251.

Groves P.A., Alcorn B., Wiest M.M., Maselko J.M., Connor W.P. Testing unmanned aircraft systems for salmon spawning surveys. *FACETS* 1, 2016, pp. 187–204.

Kudo H., Koshino Y., Eto A., Ichimura M., Kaeriyama M. Cost-effective accurate estimates of adult chum salmon, *Oncorhynchus keta*, abundance in a Japanese river using a radio-controlled helicopter. *Fisheries Research*, 2012, vol. 119–120, pp. 94–98.

Whitehead K., Hugenholtz C.H., Myshak S., Brown O., LeClair A., Tamminga A. Barchyn T.E., Moorman B., Eaton B. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: scientific and commercial applications. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 2014, 2 (3), pp. 86–102.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ / COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

Авторы заявляют, что данный обзор не содержит собственных экспериментальных данных, полученных с использованием животных или с участием людей. Библиографические ссылки на все использованные в обзоре данные других авторов оформлены в соответствии с ГОСТом. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

The authors declare that this review does not contain their own experimental data obtained using animals and human participants. Bibliographic references to all data of other authors used in the review are arranged in accordance with GOST (the Russian State Standard). The authors declare that there is no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ О ВКЛАДЕ АВТОРОВ AUTHOR CONTRIBUTION

Потапов А.С. — сбор, обработка и анализ полученных данных, текст статьи, за исключением раздела «Материал и методика». Фадеев Е.С. — организация работ, сбор данных, раздел «Материал и методика».

Alexander S. Potapov – collection, processing and analysis of the obtained data, the text of the article, except for the section “Material and Methodology”. Evgeny S. Fadeev – organization of the works, data collection, writing the section “Material and Methodology”.

Информация об авторах

А.С. Потапов — ст. специалист сектора
тихоокеанских лососей Камчатского филиала
ВНИРО (КамчатНИРО)

Е.С. Фадеев — канд. биол. наук, вед. науч.
сотрудник сектора тихоокеанских лососей
Камчатского филиала ВНИРО
(КамчатНИРО),
e.fadeev@kamniro.vniro.ru.
ORCID: 0000-0001-5469-7382

Information about the authors

Alexander S. Potapov – Senior Specialist,
Pacific salmon division (KamchatNIRO)
Evgeny S. Fadeev – Ph. D. (Biology),
Leading Scientist,
Pacific salmon division,
KamchatNIRO,
e.fadeev@kamniro.vniro.ru.
ORCID: 0000-0001-5469-7382

Статья поступила в редакцию / Received:
14.02.2024

Одобрена после рецензирования / Revised:
20.02.2024

Статья принята к публикации / Accepted:
03.05.2024