



Федеральное государственное унитарное предприятие
«Тихоокеанский научно-исследовательский
рыбохозяйственный центр»
(ФГУП «ТИНРО-центр»)

БЮЛЛЕТЕНЬ ИЗУЧЕНИЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ



Коваль М.В., Лепская Е.В., Тепнин О.Б., Галямов Р.С., Заочный И.А.
(КамчатНИРО, г. Петропавловск-Камчатский)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОВЕДЕНИЯ КОКАНИ *ONCORHYNCHUS NERKA KENNERLYI* (SUCKLEY) В ТОЛМАЧЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ И В РАЙОНЕ КАСКАДА ТОЛМАЧЕВСКИХ ГЭС (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

В условиях истощения запасов углеводородного сырья, приходится искать иные источники энергии и строить и эксплуатировать предприятия для их использования. Одно из направлений в создании независимого энергетического комплекса Камчатского края — это развитие гидроэнергетики. Поскольку Камчатка остается приоритетно лососевым регионом, для ее гидроэнергетического развития предусмотрено строительство наиболее экологически безопасных малых гидроэлектростанций (ГЭС).

Каскад Толмачевских малых ГЭС (владелец ПАО «КамГЭК») — первый и пока единственный комплекс гидротехнических сооружений на Камчатке, имеющий плотину и водохранилище. Каскад был построен в русле р. Толмачева (бассейн р. Большая, Западная Камчатка) с использованием одноименного озера в качестве водохранилища, заполнение которого началось в 1997 г. (Каскад..., 1997). Структурно каскад Толмачевских ГЭС состоит из трех гидроэлектростанций разного типа и мощности (рис. 1).

До 1985 г. оз. Толмачева не имело ихтиофауны, так как 14-метровые пороги р. Толмачева (Толмачевские водопады) не позволяли проходным видам лососей подниматься в озеро. В 1980-х годах, в озеро из других водоемов Камчатки с успехом интродуцирована жилая (озерная) форма нерки — кокани *Oncorhynchus nerka kenerley* (Маркевич, 2009; Погодаев и др., 2010). В настоящее время Толмачевское вдхр. — это уникальный моновидовой водоем, т.к. в составе его ихтиофауны кроме кокани другие виды рыб отсутствуют. С другой стороны, его можно рассматривать и как модельный объект, на котором может быть проверено экологическое воздействие и реальные последствия работы каскада гидроэлектростанций и управления стоком реки на воспроизводство естественных лососевых популяций. Полученные данные могут служить информационной базой для принятия решений о реализации аналогичных проектов на других реках Камчатки и стать обоснованием для разработки мер по устойчивому использованию энергетического потенциала камчатских рек с сохранением их биологической продуктивности и устойчивого воспроизводства лососевых рыб (Леман и др., 2014).

Первые результаты мониторинговых работ после строительства каскада Толмачевских ГЭС показали, что, во-первых, после ввода в эксплуатацию каскада из

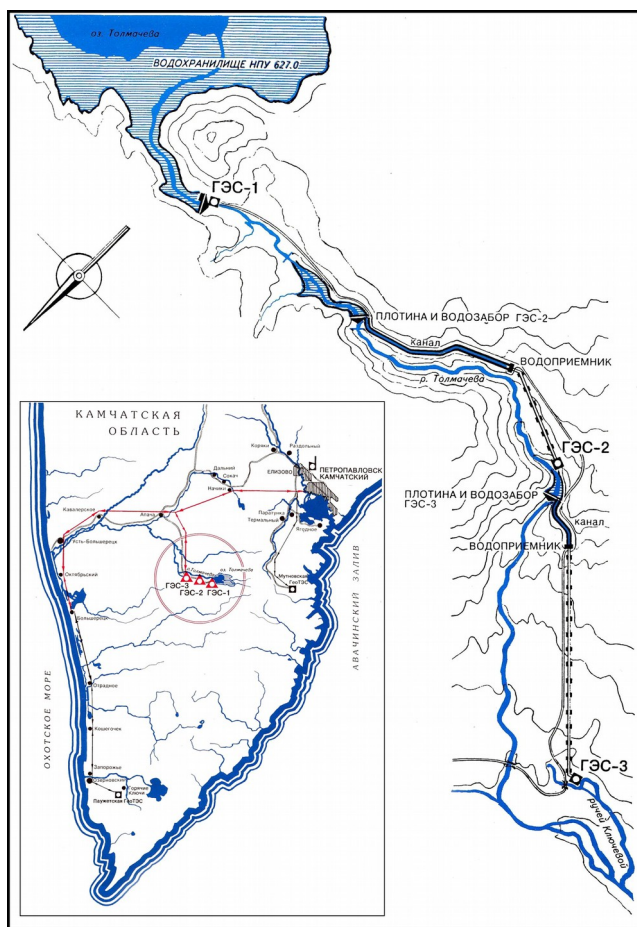


Рис. 1. Схема расположения каскада Толмачевских ГЭС (Каскад..., 1997).

нерестового фонда р. Толмачева было безвозвратно изъято часть речных нерестилищ тихоокеанских лососей реки, расположенных ниже Толмачевских водопадов. Во-вторых, произошло резкое и хаотичное изменение условий обитания и воспроизводства кокани в оз. Толмачева (Базаркина, 2001, 2008; Куренков и др., 2000; Лепская и др., 2014).

Вместе с тем, при последующих исследованиях выяснилось, что снижение подходов тихоокеанских лососей на нерест на сохранившиеся нерестилища в р. Толмачева и ее притоки связано, прежде всего, с общей тенденцией для р. Большая, в бассейне которой расположено это предприятие, и, в меньшей степени, с резкими и внезапными изменениями водного потока на нерестилищах в нижнем бьефе ГЭС-3 (см. рис. 1). С другой стороны, становление экосистемы Толмачевского вдхр. и изменения, происходящие с популяцией акклиматизированной там кокани, обусловлены в основном естественными внутривидовыми механизмами. Так, сходные процессы наблюдали также в других локальных популяциях кокани, например, в оз. Ключевое (кальдера влк. Ксудач) или в оз. Карымское (Куренков, 2000). Мониторинг также показал, что степень воздействия на популяции кокани Толмачевского вдхр., которая происходит в ходе эксплуатации Толмачевских ГЭС, весьма незначительна, и не наносит ущерба для популяции. Более того, это воздействие при отсутствии других основных факторов регулирования численности (хищники и промысел), играет своего рода мелиоративную роль, поскольку позволяет хотя бы частично снизить ее общую численность в водохранилище (Лепская и др., 2014; Леман и др., 2014; 2015).

В 2016 г. мониторинговые исследования популяции толмачевской кокани были продолжены, а одна из основных задач этих работ заключалась в оценке количественного распределения кокани в Толмачевском вдхр. и в пределах каскада Толмачевских ГЭС, а также особенностей ее поведения в районе гидротехнических сооружений. В результате этих исследований были получены новые данные, которые и представлены в настоящем сообщении.

Методы исследований. Изучение популяции толмачевской кокани в 2016 г. проведены в два этапа и охватили акваторию Толмачевского вдхр., а также водотоки и водоемы, входящие в состав каскада Толмачевских ГЭС. Первый этап работ был выполнен в период с 18 по 22 июля, второй — в период с 4 по 12 октября 2016 г. (рис. 1).

Все работы на акватории водохранилища выполняли с борта моторной лодки Ahilles SG-156 с подвесным мотором «YAMAHA» мощностью 40 л.с. Обследования в районе каскада ГЭС проведены с применением автотранспорта. В качестве основных орудий лова для оценки распределения и сбора материалов о биологическом состоянии рыб использованы жаберные сети различных конструкций (длиной 15 и 25 м, с высотой стенки 1,0, 2,0 и 2,5 м и ячей 15, 20 и 25 мм). Это позволило охватить максимально возможное количество размерных групп кокани, что необходимо для достоверной оценки размерного состава популяции. В качестве дополнительного орудия для контрольного лова в р. Толмачева также был использован мальковый закидной невод 3/8 м (с ячей в кутке 4 мм). Всего за весь период работ выполнено 25 контрольных обловов, из них 19 на сетных станциях и 6 обловов на 2-х неводных станциях (рис. 2).

В качестве основного инструмента для изучения количественного распределения и оценки общей численности кокани на акватории Толмачевского вдхр., а также в районе различных гидротехнических сооружений применяли цифровой научный эхолот BioSonics DT-X (США) с частотой антенны 200 кГц. Методы проведения и анализа результатов гидроакустических исследований для Толмачевского вдхр. подробно описаны нами ранее (Коваль и др., 2013). Учетные гидроакустические съемки проведены в пелагиали водохранилища в дневное время 21 июля и 9 октября 2016 г. На первой съемке общая длина гидроакустических галсов составила 44 км, на второй — 49 км (см. рис. 2).

Комплекс наблюдений в районе гидротехнических сооружений каскада включал следующие виды работ: 1) географическую съемку контура береговой линии залива водохранилища, примыкающего к плотине и водозабору ГЭС-1, для уточнения площади его водной поверхности (выполнена с помощью GPS-навигатора); 2) гидроакустическую съемку залива для определения его морфологических характеристик, а также для оценки общей численности кокани на его акватории (использован эхолот BioSonics DT-X); 3)

суточные стационарные гидроакустические наблюдения у водозабора и приплотинного здания для определения количества рыб в верхнем и нижнем бьефе ГЭС-1 (эхолот BioSonics DT-X); 4) подводные видео наблюдения для уточнения общей численности, особенностей распределения и поведения кокани в районе плотин и водозаборов ГЭС-1 (верхний и нижний бьеф), ГЭС-2 и ГЭС-3 (водозаборы) (применена камера GoPro); 5) гидрологические наблюдения для оценки наиболее значимых факторов внешней среды, которые могут влиять на попадание рыб в гидротехнические сооружения (использовано различное гидрологическое оборудование).

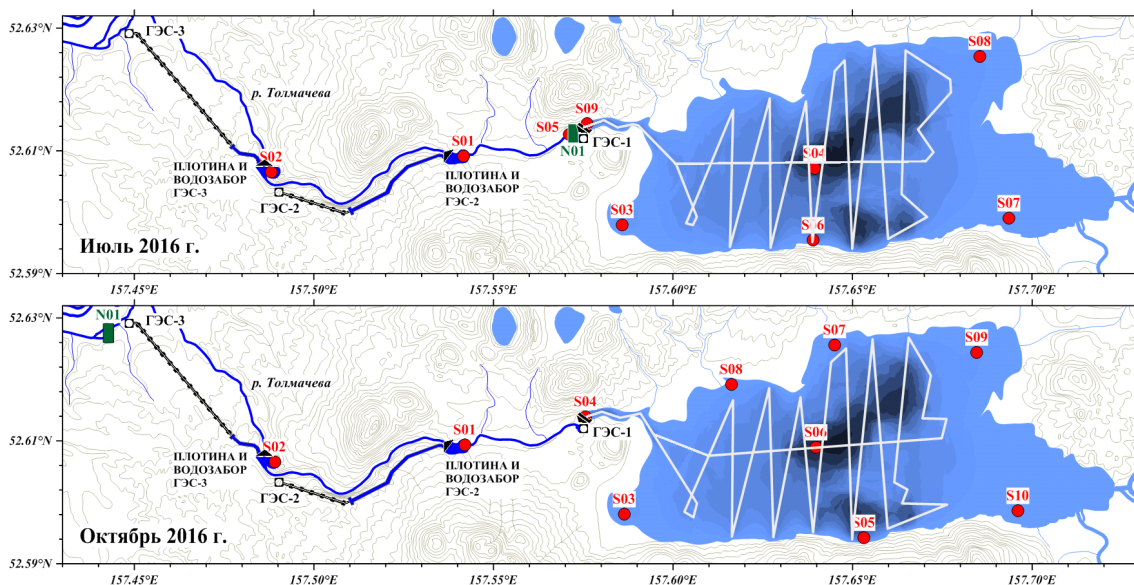


Рис. 2. Схема расположения ихтиологических станций, а также галсы гидроакустических съемок, выполненных на акватории Толмачевского вдхр. и в районе каскада Толмачевских ГЭС в июле и октябре 2016 г. (S – сетные станции; N – неводные станции) *

Оценку общей численности кокани в пределах каскада Толмачевских ГЭС проводили на основании визуальных подсчетов в ходе анализа видео материалов, а также по формуле:

$$P = S \cdot a / b \cdot \varphi (1),$$

где P — общее количество рыб в водоеме; S — площадь водоема, b — площадь зоны облова; a — средний улов на стандартное усилие; φ — коэффициент уловистости орудия лова (Моисеев, 1975)**.

Количественное распределение кокани в водохранилище и в районе каскада.

В контрольных сетных и неводных уловах на акватории Толмачевского вдхр. и в районе каскада Толмачевских ГЭС в июле и октябре 2016 г. встречалась исключительно кокани. В уловах малькового невода, на контрольной станции N01, выполненной в нижнем бьефе ГЭС-3 ниже по течению реки в октябре 2016 г. (см. рис. 1) отмечена только молодь мальмы *Salvelinus malma*. Вместе с тем, по устным сообщениям сотрудников ПАО «КамГЭК», живая кокани иногда может встречаться в р. Толмачева вплоть до ее впадения в р. Карымчина. Однако, в данном случае, вероятно речь может идти о старшевозрастной молоди или жилых формах других видов тихоокеанских лососей с длительным пресноводным периодом жизни (например, проходная форма нерки *Oncorhynchus nerka*,

* Из-за специфики проведения гидроакустического учета (который эффективен только на глубинах более 2 м), а также из-за морфометрических особенностей озерной чаши Толмачевского вдхр. (вся юго-западная и восточная часть которого представляет собой обширные мелководья с глубинами, как правило, не более 1 м), эти участки его акватории не были охвачены гидроакустической съемкой. Поэтому при количественных расчетах, общая численность кокани в этих частях водоема была определена методом экстраполяции значений из ближайших узлов сетки гидроакустических галсов.

** По данным В.Н. Войниканис-Мирского (1983), коэффициент уловистости для ставных жаберных сетей может колебаться от 0.37 до 0.60. В нашем случае для кокани приняты его среднее значение равное 0.48,

кижуч *O. kisutch*, чавыча *O. tshawytscha* или сима *O. masou*), которых сотрудники ПАО «КамГЭК» вполне могли спутать с молодыми особями кокани.

Например, ранее проведенные исследования показали (Леман и др., 2014; 2015), что в последние годы в бассейне р. Толмачева воспроизводится 5 видов тихоокеанских лососей (нерка, кижуч, чавыча, сима, кета и горбуша), а также 2 вида голец (мальма и кунджа). Нерка и кижуч в небольших количествах воспроизводятся по всему бассейну реки. Сима р. Толмачева представлена проходными самками и жилами карликовыми самцами, которые достигают половозрелого возраста без выхода из реки. Хотя производители чавычи в р. Толмачева более не отмечаются, но молодь этого вида заходит на нагул в нижнее течение из р. Карымчина (Леман и др., 2014; 2015).

На наш взгляд, даже если самая незначительная часть живой толмачевской кокани и может скатываться в нижний бьеф ГЭС-3, то эти рыбы, по всей видимости, не могут длительное время существовать в среднем и нижнем течении р. Толмачева из-за отсутствия подходящих для нее биотопов, в связи с типично горным характером этой реки. Так, наблюдения в районе Толмачевских ГЭС свидетельствуют, что кокани в пределах каскада концентрируется почти исключительно в небольших относительно глубоководных водоемах, которые сформированы, преимущественно, в районе различных гидротехнических сооружений (плотины, водозаборы, мосты и т.п.). Основное русло р. Толмачева в пределах каскада ГЭС (где глубина составляет менее 1 м, а скорость течения достигает более 0,4–0,5 м/с), кокани, по-видимому, избегает.

Этот вывод основан на результатах контрольных неводных и сетных обловов, выполненных в 2016 г. Так, в результате серии ловов закидным неводом в основном русле р. Толмачева ниже ГЭС-1 (станция N01 на рис. 1), где скорость течения составляла ок. 0,3–0,4 м/с было выловлено всего 2 экз. кокани. Постановка сетей примерно в том же месте, со скоростью течения менее 0,2 м/с (станция S05 на рис. 1) вообще не дала результатов (т.е. улов в них отсутствовал). Вместе с тем, в контрольных сетях, которые были установлены в спокойных глубоководных заводях, расположенных в районе плотин и водозаборов ГЭС-2 и ГЭС-3, уловы кокани достигали несколько десятков экз. на сеть, а относительный улов на усилие (экз./м² сети) на стандартное время застоя (12 ч), составил здесь 2,48–3,65 в июле, и 0,35–2,22 — в октябре 2016 г. (рис. 3).

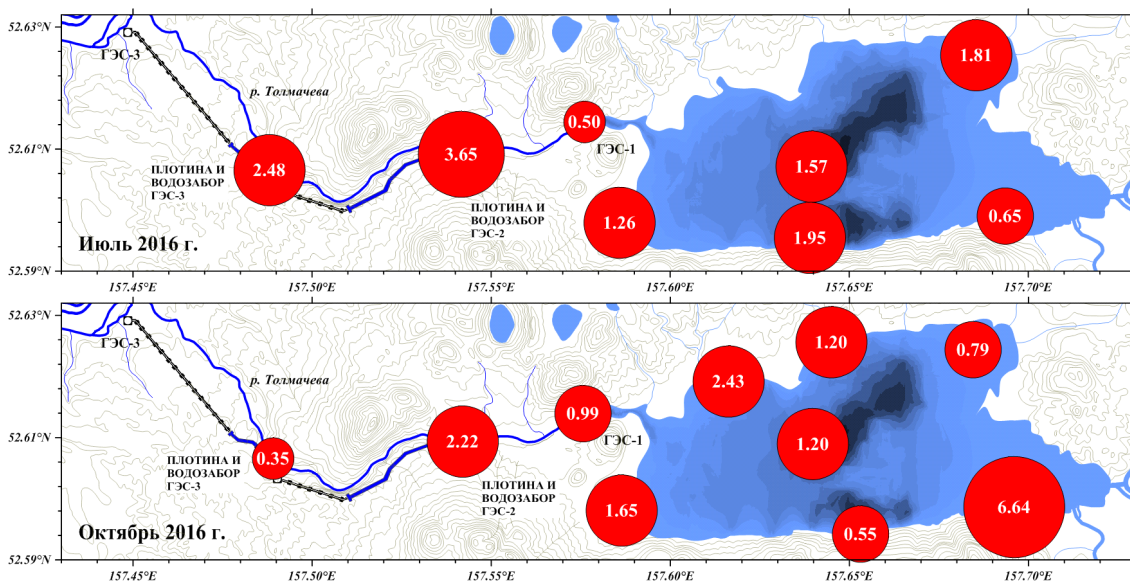


Рис. 3. Распределение относительных сетных уловов (экз./м² сети) кокани на акватории Толмачевского вдхр. и в районе каскада Толмачевских ГЭС в июле и октябре 2016 г.

На акватории Толмачевского вдхр. численность кокани в контрольных сетях была высока на протяжении всего периода наблюдений. При этом относительные ее уловы были значительны как в центральной глубоководной его части (основная часть которой

расположена на месте бывшего оз. Толмачева), так и на обширных мелководьях (образованных после преобразования озера в водохранилище) (рис. 3). В июле 2016 г. они составляли на отдельных участках акватории от 0,65 до 1,95 (в среднем, 1,50) экз./м² сети, причем в уловах присутствовали исключительно рыбы без нерестовых изменений (не выше 3 ст. зр.). В октябре 2016 г. уловы кокани на акватории водохранилища в целом возросли, и составили от 0,55 до 6,64 (в среднем, 2,07) экз./м² сети. Это произошло за счет увеличения в сетях нерестующих (на 5–6 ст. зр.) и отнерестовавших рыб (с выметанной икрой), сконцентрированных в районе расположения традиционных нерестилищ (Маркевич, 2008; 2009). Именно в этих местах и проводили большинство контрольных сетных обловов в 2016 г. (см. рис. 2). В верхнем бьефе ГЭС-1, поблизости от водозабора, относительные уловы кокани в июле и октябре 2016 г. в целом были ниже, чем на акватории водохранилища, и не превышали 0,50 и 0,99 экз./м² сети, соответственно (рис. 3).

Согласно данным, полученным в ходе гидроакустических съемок, выполненных 21 июля и 9 октября 2016 г., максимальная относительная численность (тыс. экз.) и биомасса (т) на единицу площади (км²) кокани отмечена в районе глубоководной котловины Толмачевского вдхр. (рис. 4). В июле 2016 г. эти показатели могли достигать на отдельных участках в центральной его части до 207,85 тыс. экз./км² и 8,19 т/км², а в среднем по водоему составили 23,20 тыс. экз./км² и 0,91 т/км², соответственно. В октябре 2016 г. относительная численность кокани в районе котловины существенно снизилась (рис. 4) и не превышала 91,75 тыс. экз./км² и 2,80 т/км² (в среднем — 4,96 тыс. экз./км² и 0,15 т/км²).

В июле 2016 г. максимальные скопления кокани (с относительной численностью и биомассой более 100 тыс. экз./км² и 5–8 т/км) зарегистрированы в районе свала глубин в южной и северо-восточной частях водохранилища (рис. 4). На основной же его акватории в этот период, относительное количество рыб в скоплениях было в пределах 10–50 тыс. экз./км² и 0,5–2,0 т/км², соответственно. В октябре 2016 г. наибольшие концентрации кокани (с численностью и биомассой около 50–100 тыс. экз./км² и 1–2 т/км²) наблюдались только в центральной части водоема с глубинами более 25 м. На других его участках эти показатели в указанный период, как правило, не превышали 10 тыс. экз./км² и 0,3 т/км², соответственно.

Снижение общей численности и биомассы кокани в пелагиали глубоководной котловины Толмачевского вдхр. от июня к июлю 2016 г. может быть обусловлено несколькими основными причинами: 1) миграцией половозрелых рыб (которые еще активно нагуливались там в июле) на мелководья к местам нереста (где они уже не учитываются в ходе гидроакустических съемок, но хорошо облавливаются сетями); 2) обеднением кормовых ресурсов пелагиали водохранилища, в связи с чем, большая часть молодых особей кокани вынуждена также мигрировать на мелководные участки водоема (с глубинами менее 2 м), где она может компенсировать недостаток нейстонного (личинки и имаго амфибиотических насекомых) и пелагического (зоопланктон) корма за счет потребления нектобентосных организмов (например, гаммарусов).

Анализ вертикального распределения кокани в пелагиали водохранилища, выполненный на основании результатов гидроакустического учета показал, что как летом, так и осенью, рыбы могут встречаться во всем слое воды (от поверхности до дна). Вместе с тем, в июле 2016 г. максимальная численность кокани отмечена на средних горизонтах с глубинами 15–20 м. В то же время, наблюдалось некоторое увеличение общей численности рыб ближе к поверхности воды (на глубине около 5 м). В октябре 2016 г. некоторая часть рыб, по-прежнему, держалась в верхних слоях воды (на глубине 4–6 м), однако наибольшее их количество было сконцентрировано у дна водоема на горизонте более 25 м. Отметим, что такое вертикальное распределение кокани в пелагиали Толмачевского вдхр. в светлое время суток в летне-осенний период, по-видимому, является вполне типичным (Маркевич, 2008).

Распределение кокани в районе гидротехнических сооружений. Каскад Толмачевских ГЭС состоит из трех основных объектов: ГЭС-1 — низконапорный регулятор приплотинного типа с глубинным регулирующим водосбросом и напором 18 м;

ГЭС-2 и ГЭС-3 — деривационные, с открытыми каналами, закрытыми трубопроводами и металлическими напорными водоводами на концевых участках, с напорами соответственно 163 м и 122 м (Каскад..., 1997).

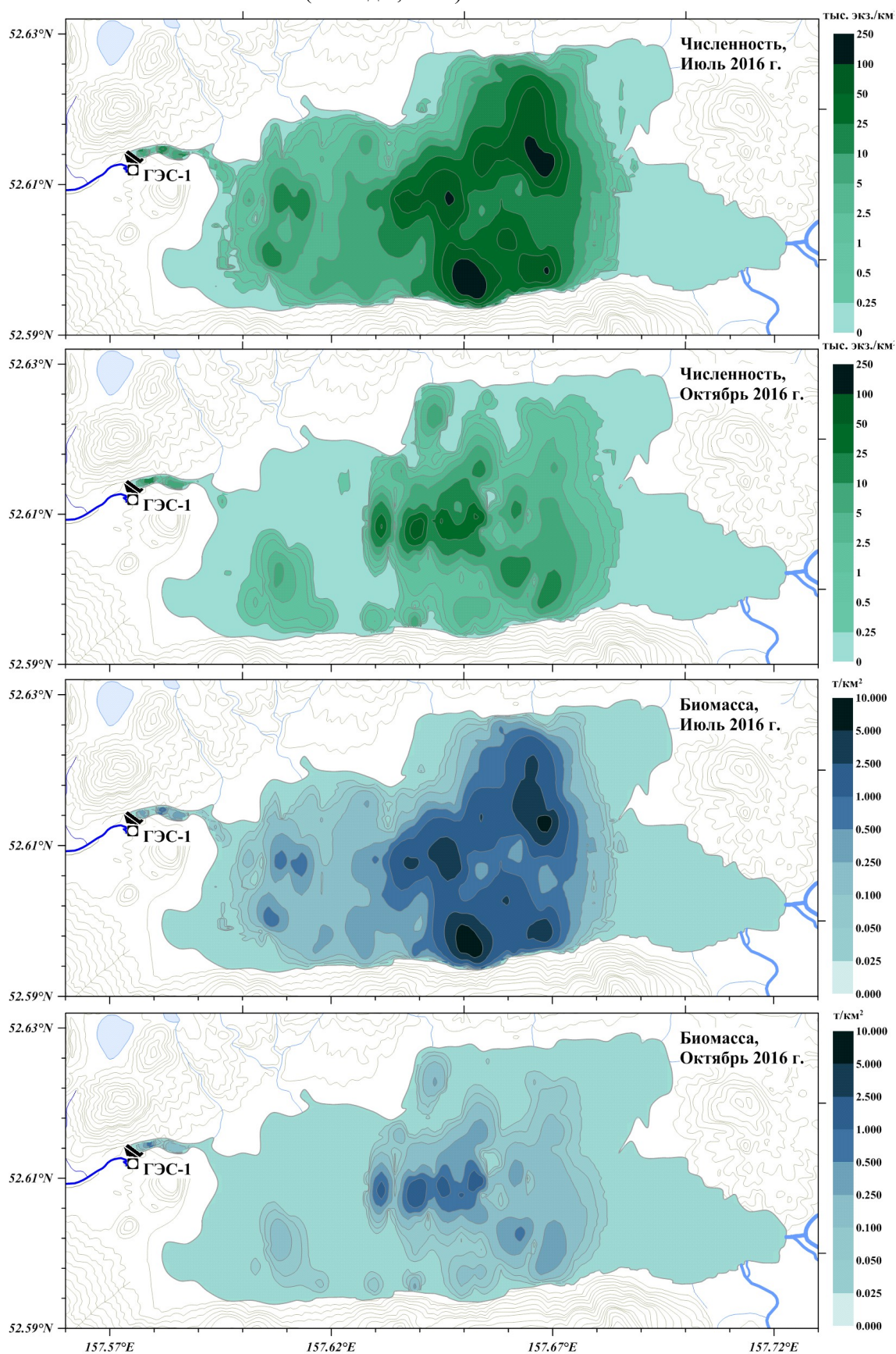


Рис 4. Распределение относительной численности (тыс. экз./ км²) и биомассы (т/км²) кокани в районе глубоководной котловины Толмачевского вдхр. в июле и октябре 2016 г.

ГЭС-1 является основным объектом, через который кокани из Толмачевского вдхр. скатывается в систему каскада Толмачевских ГЭС. Расположен в северо-западной части водохранилища (см. рис. 2). Состав основных сооружений гидроузла ГЭС-1 включает низконапорную земляную насыпную плотину; глубинный водосброс (2х3 м на расход 50 м³/с) с водобойным колодцем (длиной 30 м); водоприемник ГЭС с двумя железобетонными водоводами, который конструктивно совмещен с водосбросом в одной шахте, вынесенной в верхний бьеф. Рыбозащитных устройств (РЗУ) на водоприемнике нет, имеется только защита для задержания плавучего мусора в виде металлических решеток с прорезами шириной ок. 10 см и высотой ок. 1 м, а также плоских деревянных щитов, которые закрывают приповерхностный слой воды (заглублены примерно на 1,0 м). Эти устройства не способны задержать или отпугнуть рыб любого размера. В нижнем бьефе ГЭС-1 находится приплотинное здание, где расположены две турбины общей мощностью около 2 МВт. Водосброс производится в приемный резервуар площадью ок. 250 м² и максимальной глубиной ок. 6 м, вода из которого затем поступает в расположенные ниже гидросооружения ГЭС-2 и ГЭС-3. Водоприемники ГЭС-2 и ГЭС-3, также как и ГЭС-1, не оснащены РЗУ и имеют только металлические решетки для защиты от мусора.

К водозабору ГЭС-1 ведет глубокий залив водохранилища длиной ок. 1,5 км, представляющий собой запруженную (после строительства плотины) долину устьевой части р. Толмачева. Общая площадь его водного зеркала, а также максимальная глубина определяется уровнем подъем воды в водохранилище. При уровне, близком к нулевому, макс. глубина в заливе составляет ок. 13 м. Наиболее глубоководная часть залива расположена в кутовой его части и примыкает непосредственно к плотине ГЭС-1. По мере движения по заливу в сторону водохранилища, глубины на фарватере постепенно падают до 5–6 м.

Как показали результаты исследований 2016 г., основные внешние факторы, которые непосредственно влияют на скат кокани из Толмачевского вдхр., а также ее миграции в пределах каскада Толмачевских ГЭС имеют в основном техногенное происхождение. Наиболее важными из них являются конструктивные особенности отдельных гидросооружений, а также режим эксплуатации гидроэлектростанций, который напрямую определяет зарегулирование стока и основные гидрологические характеристики водных объектов, расположенных в пределах каскада (прежде всего суточную и сезонную динамику изменений уровня и скорости потока воды).

По результатам эхолотных съемок, на акватории залива Толмачевского вдхр., примыкающего к плотине и водозабору ГЭС-1, в июле 2016 г. было учтено 5755 экз. кокани при биомассе 227 кг (табл. 1). В этот период наблюдалась высокая плотность распределения рыб на акватории, при средней относительной численности 302,5 экз./га. Максимальные скопления кокани (800–900 экз./га) отмечены на участке с наибольшими глубинами в кутовой части залива поблизости от плотины и водоприемника ГЭС-1, а также в срединной — наиболее узкой его части (рис. 5). Средняя длина тела рыб в заливе (рассчитанная по данным анализа силы цели, TS) была равна в июле 10,5 см (n=37). В то же время по данным обловов ставной жаберной сетью (ячея 25 мм), средняя длина кокани (n=77) в месте основного ее скопления у плотины (рис. 5) составляла 17,5 см, а относительный улов на усилие был здесь равен 0,50 экз./м² сети. Все выловленные рыбы находились не выше 3 ст. зр.

В октябре 2016 г. общая численность кокани, учтенной эхолотом на акватории залива снизилась почти в два раза и составила в сумме 2992 экз. и 91 кг при средней относительной плотности рыб равной 186,5 экз./га. Судя по результатам анализа силы цели, рыбы в заливе в октябре были крупнее, чем в июле, т.к. их средняя длина (по данным анализа TS) была равна 14,8 см (n=41) (табл. 1). Отмечено, что кокани в этот период образовывали несколько плотных скоплений (расположенных на расстоянии ок. 250–300 м от плотины и водоприемника), относительная численность в которых могла

достигать 1000–2000 экз./га. Значительные концентрации рыб, как и в июле, наблюдались также в средней части залива. На остальной его акватории рыбы держались более разрежено и их количество, как правило, не превышало 100 экз./га. По мере продвижения по заливу к выходу в основную часть водохранилища, общая плотность рыб снижалась и в его устье она уже была не более 10–25 экз./га.

Обловы той же жаберной сетью, что и в июле, выполненные поблизости от водоприемника (см. рис. 5) показали, что средняя длина кокани ($n=32$) в сетях в октябре 2016 г. не изменилась и была равна 17,6 см, причем относительный улов на усилие в этот период был почти в два раза выше, чем в июле, и составил 0,99 экз./м² сети. Подавляющее большинство рыб (79%) из улова находились в преднерестовом и нерестовом состоянии (на 5–6 ст. зр.), а 5% особей — уже отнерестились. Оставшиеся 16% рыб в сетях были незрелыми.

Таблица 1

Общая численность (N, экз.) и биомасса (B, кг) кокани в заливе Толмачевского вдхр., примыкающего к плотине и водозабору ГЭС-1 (по данным гидроакустических съемок в 2016 г.)

Размерная группа	Июль 2016 г.		Октябрь 2016 г.	
	N	B	N	B
5–10 см	1583	10,3	1452	9,4
10–15 см	1738	45,9	783	20,7
15–20 см	1859	107,4	413	23,8
20–25 см	564	61,0	341	36,9
25–30 см	12	2,3	2	0,5
Сумма	5755	226,9	2992	91,3
Ср. плотность рыб (экз./га кг/га)	302,5 11,9		186,5 5,7	
Количество одиночных рыб (по данным эхосчета)	37		41	
Ср. длина рыб (по данным анализа силы цели, TS)	10,46		14,80	

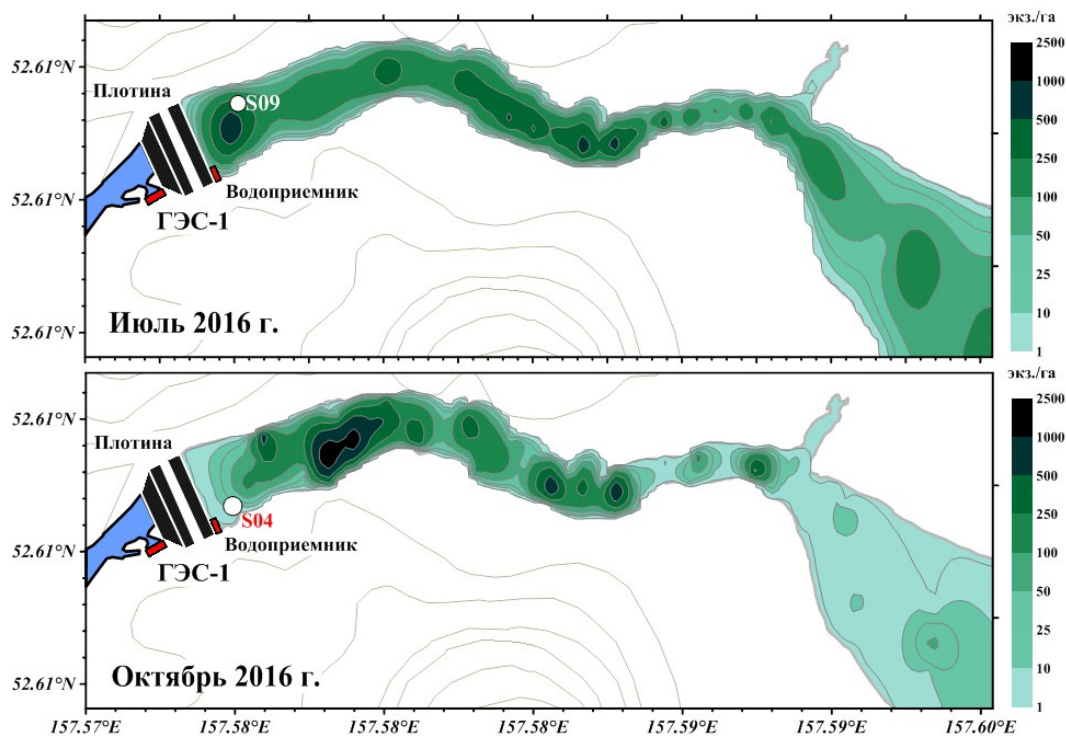


Рис. 5. Распределение относительной численности (тыс. экз./ км²) кокани в заливе Толмачевского вдхр., примыкающего к плотине и водозабору ГЭС-1 (по данным гидроакустических съемок, выполненных в июле и октябре 2016 г., красным обозначены точки постановки жаберных сетей)

В ходе подводных видео наблюдений, выполненных в верхнем бьефе ГЭС-1 10–11 октября 2016 г.* было установлено, что поблизости от водоприемника наблюдались постоянные скопления кокани. Почти все рыбы были с явными признаками нерестовых изменений (рис. 6). При этом, они были сконцентрированы почти исключительно у дна водоема — поблизости от окон водоприемных камер. Длина тела этих рыб визуально составляла 15–25 см. Иногда они формировали отдельные группы с численностью ок. 20–25 экз. в каждой, но встречались также и единичные особи. В пределах водоприемника рыбы могли совершать небольшие перемещения, однако старались не покидать определенную зону обитания у дна и использовали в качестве укрытий разнообразные затопленные объекты (камни, коряги, строительный мусор и т.п.). В этом случае они спокойно могли противостоять течению, направленному в окна камер. По визуальным оценкам, суммарная численность кокани у водоприемника составила ок. 150 экз.

Эти наблюдения также показали, что в процессе стационарного суточного гидроакустического учета у окон водоприемника возможна неоднократная регистрация эхолотом одних и тех же рыб, которые постоянно находятся в зоне сбора гидроакустических данных. Таким образом, с помощью эхолота невозможно получить точные оценки численности кокани в районе водозабора. Эти данные можно использовать только как некоторые косвенные показатели (например, вертикального распределения или суточной активности рыб у водоприемника).

В целом, анализ данных, полученных в ходе стационарных суточных гидроакустических наблюдений, выполненных как в июле, так и в октябре 2016 г., полностью подтвердил результаты визуальных наблюдений, что кокани в районе водоприемника ГЭС-1 концентрируются почти исключительно у дна на глубине 5,0–5,5 м (в зависимости от изменений уровня воды в Толмачевском вдхр.). Лишь в июле, совсем небольшое количество рыб (в сумме не более 10% общей численности) отмечались в более высоких горизонтах воды на глубине 3,0–4,5 м. В тоже время, результаты эхолотных съемок в водах залива у плотины ГЭС-1 показали, что рыбы там населяют всю водную толщу, а максимальная их численность наблюдается в пелагиали на глубине ок. 4–6 м, и лишь небольшое число рыб встречается у дна водоема.

По данным видео наблюдений, выполненных в нижнем бьефе ГЭС-1 в приемном резервуаре у приплотинного здания 10–11 октября 2016 г., общая численность кокани здесь была существенно выше, чем у водоприемника, и по визуальным оценкам составляла не менее 500 экз. При этом, большинство рыб были незрелыми и концентрировались в пелагиали на средних глубинах ок. 3–4 м (длину их тела визуально можно оценить в пределах 10–15 см) (рис. 7). Отмечалось также небольшое количество (суммарно по численности не превышающей 30–40 экз.) более крупных половозрелых рыб (длиной 15–25 см) с явными нерестовыми изменениями, которые также как и у водоприемника предпочитали находиться у дна. Для незрелой кокани отмечено разреженное распределение в толще воды, тогда как половозрелые рыбы также как и у водоприемника встречались в основном группами по несколько особей в каждой (рис. 7)*.

* Попытка видеосъемки в июле 2016 г., к сожалению, не дала результатов, поскольку этому препятствовала повышенная мутность и низкая прозрачность воды в заливе и в р. Толмачева (не более 1 м), обусловленная продолжающимся в этот период паводком.

* 28 августа 2013 г. нами были также проведены гидроакустические и видео наблюдения для оценки численности, особенностей распределения и поведения кокани в нижнем бьефе ГЭС-1 при выключенных гидроагрегатах (т.е. в этот период потока воды в нижнем бьефе практически не было). Установлено, что в утренние часы для кокани было характерно разреженное распределение в толще воды, когда рыбы находились в активном поиске и потребляли пищу. В дневное время у рыб преобладало стайное поведение. В это время они формировали четко выраженные стаи по несколько десятков или сотен особей в каждой. Если рыб в стаях не беспокоили, тогда они совершали медленные горизонтальные перемещения в пределах бьефа, преимущественно у его дна, и практически не питались. Все рыбы в тот период были без брачных изменений, а их общая численность была оценена в приблизительно в 2000 экз. (Коваль и др., 2013).

В ходе видео наблюдений у плотины и водозабора ГЭС-2, а также у плотины, в открытом деривационном канале и водоприемника ГЭС-3, выполненных 11 октября 2016 г., ни одного экз. кокани не отмечено. Вместе с тем, результаты контрольных сетных

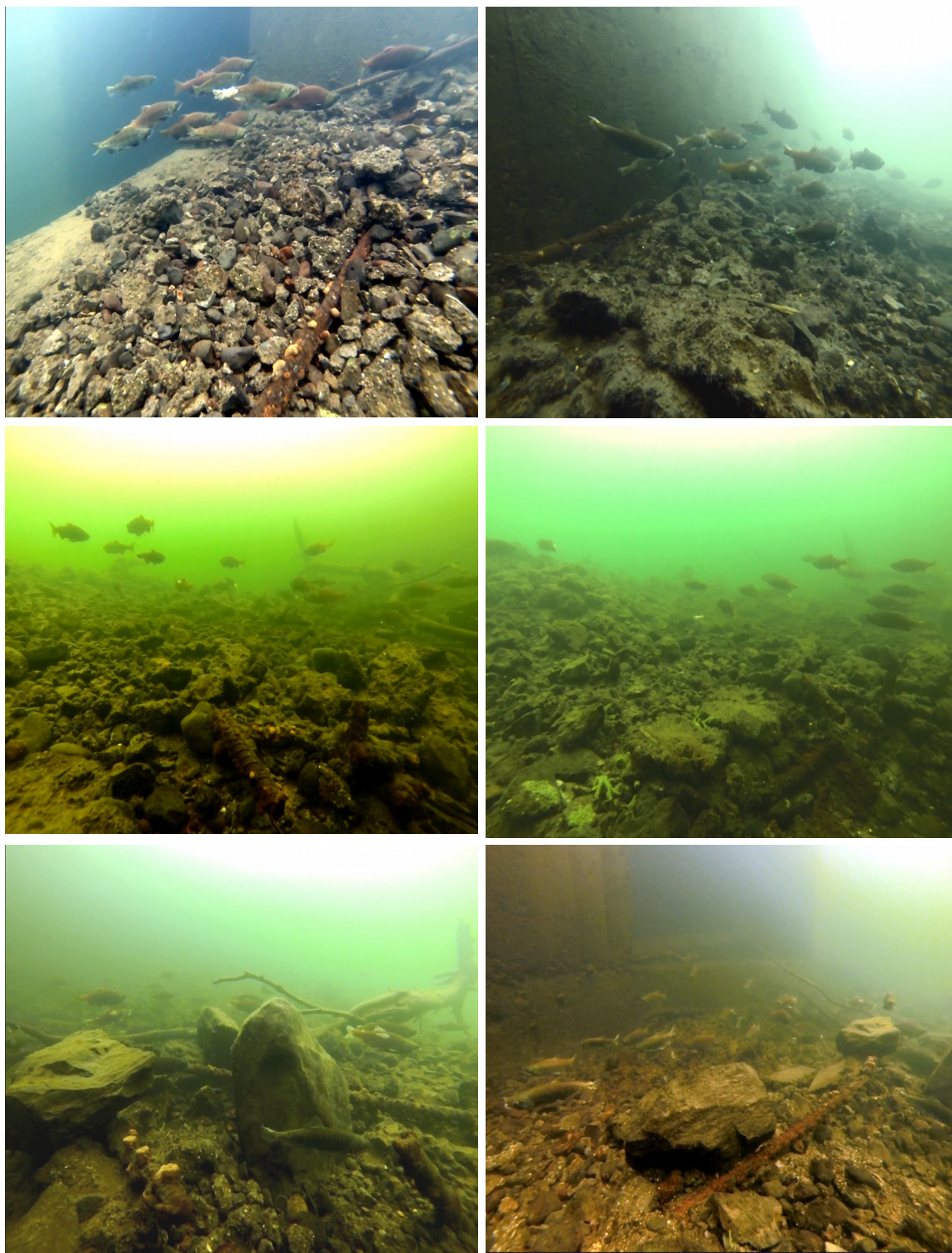


Рис. 6. Примеры видео наблюдений для визуальной оценки численности и особенностей распределения кокани у водоприемника в верхнем бьефе ГЭС-1 (10 октября 2016 г.)

обловов в речных заливах, расположенных у плотин ГЭС-2 и ГЭС-3 показали, что кокани здесь может встречаться в значительных количествах как летом, так и осенью. Причем, от июля к октябрю 2016 г. отмечено существенное снижение относительных ее уловов, что косвенно может свидетельствовать и о снижении общей численности рыб в этих водоемах. Так, в июле 2016 г. относительный улов кокани на стандартное время застоя сетей (12 ч) в заливе у плотины ГЭС-2 составил 3,65 экз./м² сети, а в октябре — 2,22

экз./м² сети (см. рис. 3). У плотины ГЭС-3 этот же показатель в июле был равен 2,48 экз./м² сети, а в октябре — 0,35 экз./м² сети.

По данным контрольных сетных уловов, в июле 2016 г. на акватории Толмачевского вдхр. и в системе каскада Толмачевских ГЭС встречались только рыбы не имеющие нерестовых изменений. В октябре 2016 г. доля половозрелых рыб с нерестовыми изменениями в сетях закономерно снижалась в пределах каскада Толмачевских ГЭС вниз по течению р. Толмачева. Так в верхнем бьефе ГЭС-1 поблизости от водоприемника доля таких рыб составляла 84%, у водозабора ГЭС-2 — 29%, а у водозабора ГЭС-3 — 7%. На основании этих данных можно заключить, что в период массового нереста кокани, который на акватории Толмачевского вдхр. протекает в сентябре–октябре, часть половозрелых рыб скатывалась через водозабор ГЭС-1 и попадала в систему каскада Толмачевских ГЭС. Поскольку на их миграции и распределение по каскаду требовалось какое-то время, этим и объясняется общее снижение доли таких рыб в сетных уловах вниз по течению р. Толмачева.

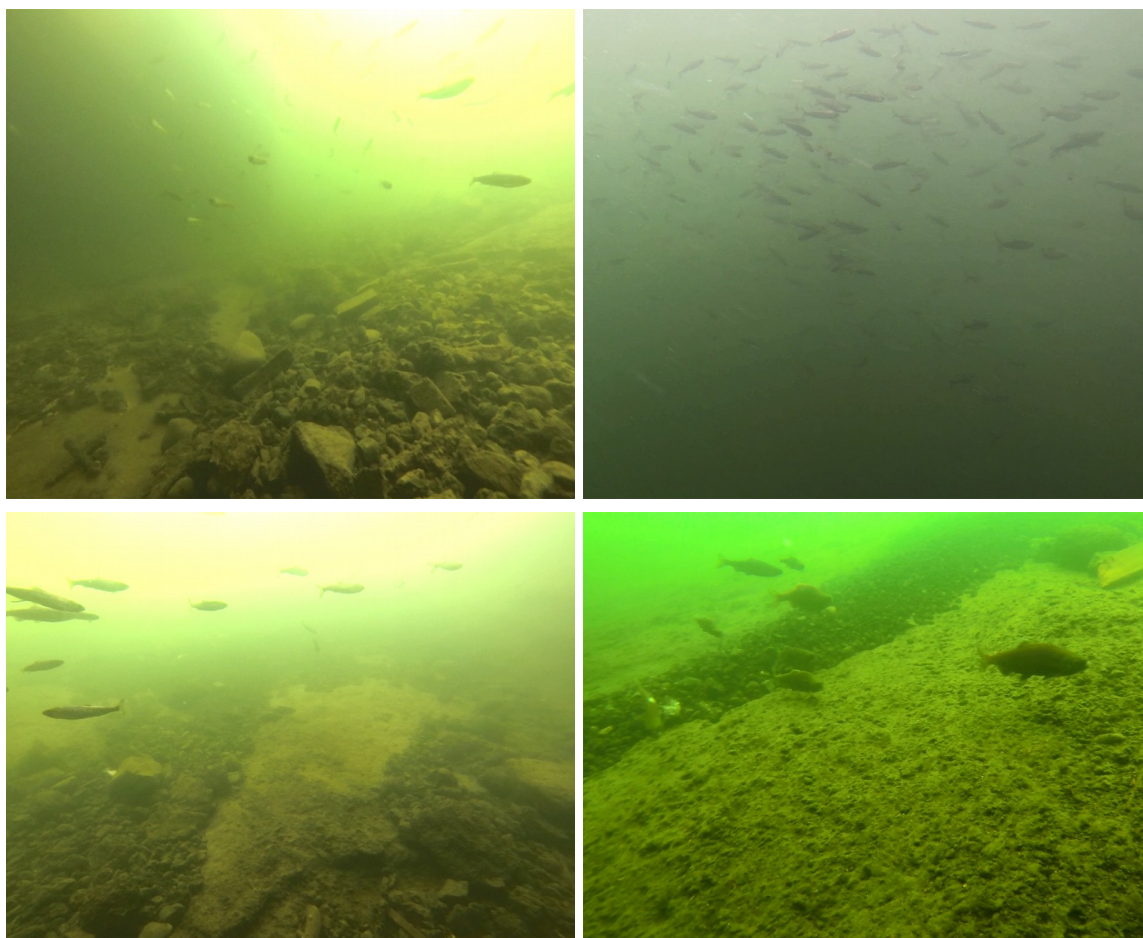


Рис. 7. Примеры видео наблюдений для визуальной оценки численности и особенностей распределения кокани в нижнем бьефе ГЭС-1 (10 октября 2016 г.)

Основные факторы, влияющие на рыб в зоне действия гидротехнических сооружений. В зоне действия гидротехнических сооружений рыбы встречаются с потоками, в которых скорости течения, интенсивность турбулентности, температура воды и другие параметры изменяются как по ширине, так и по глубине потока. Перемещаясь в таких условиях, рыбы выбирают определенные зоны потока, соответствующие их мотивационному состоянию. От этого напрямую зависит и степень воздействия на рыб различных внешних факторов в районе гидротехнических сооружений (Павлов, Скоробогатов, 2014).

Результаты комплекса работ, выполненных в пределах каскада Толмачевских ГЭС в 2016 г. показали, что основными ключевыми внешними факторами, которые способны оказывать заметное воздействие на рыб в районе гидросооружений каскада являются скорость потока, освещенность и прозрачность воды. Все остальные показатели внешней среды, значимые для рыб в естественной среде обитания (например, температура, содержание растворенного кислорода, кислотность и др.), в пределах каскада летне-осенний период определяются их обычной сезонной изменчивостью и близки к своим оптимальным значениям. Ниже представлена оценка влияния наиболее значимых внешних факторов на рыб в районе гидросооружений Толмачевских ГЭС.

Скорость потока. Основным фактором, который определяет процесс попадания кокани в водозаборы гидросооружений Толмачевских ГЭС, является скорость потока воды. В свою очередь, изменения воздействия этого фактора на рыб напрямую связаны с режимом эксплуатации гидроэлектростанций каскада, поскольку в зависимости от вырабатываемой мощности меняется расход и объем воды, поступающие в систему каскада из Толмачевского вдхр. Одновременно, этот же фактор служит и одной из основных причин повышенной концентрации рыб у гидротехнических сооружений. К примеру, как показали видео наблюдения 2016 г., максимальная численность кокани в верхнем бьефе ГЭС-1 наблюдалась как раз у окон водоприемника, и существенно снижалась на удалении от него. Также было видно, что рыб привлекали именно ускоренные потоки воды у водоприемника, где они могли не прилагая особых энергетических затрат питаться кормом, выносимым из водохранилища.

Инструментальное определение скоростей течения воды в период видео наблюдений не проводили, однако ранее полученные оценки, основанные на расчетных данных указывают на то, что при максимально возможном расходе воды (равном $18 \text{ м}^3/\text{с}$) скорость течения на плоскости у водоприемного окна ГЭС-1 должна составлять ок. $1,5 \text{ м/с}$, а при минимально возможном расходе ($3,8 \text{ м}^3/\text{с}$) — ок. $0,3 \text{ м/с}$ (Леман и др., 2015).

Мы проводили наблюдения в течение двух дней (10–11 октября 2016 г.), при этом вырабатываемая мощность ГЭС-1, потребляемый расход воды и скорость потока у водоприемного окна в эти дни различались почти в два раза. В центральной и верхней частях окон скорость потока 10 сентября ориентировочно не превышала $0,5 \text{ м/с}$, а 11 сентября 2016 г. она была в пределах 1 м/с . Однако за счет того, что рыбы концентрировались в нижней части окон у дна, где скорость течения была существенно ниже и не превышала $0,2\text{--}0,3 \text{ м/с}$, они спокойно держали нужную зону обитания, а иногда даже подплывали вплотную к металлическим решеткам водоприемника и возвращались обратно. Причем было отмечено, что такое поведение наблюдалось как у крупных половозрелых рыб (длиной $20\text{--}25 \text{ см}$), так и у более мелких незрелых особей (длиной ок. 15 см). Снижению общей скорости потока в нижней части водоприемного окна во многом способствовала значительная загрязненность решеток различным древесным мусором (рис. 8).

Наблюдения, выполненные в нижнем бьефе ГЭС-1 показали, что как половозрелые, так и молодые рыбы, в приемном резервуаре у приплотинного здания также способны спокойно удерживать нужную зону обитания (см. рис. 7). Во время наших наблюдений, работал только один гидроагрегат ГЭС-1, и скорость потока на выходе из турбины могла достигать $1,0\text{--}1,2 \text{ м/с}$. Однако, такие скорости течения наблюдались только на одной трети площади приемного резервуара. На остальной же его части скорость заметно снижалась, при этом образовывались обратные противотечения и турбулентные завихрения. Именно в этой его части и концентрировались рыбы, которые активно избегали участков с высокой скоростью течения. В целом, для кокани в нижнем бьефе ГЭС-1 было характерно разреженное распределение в толще воды, при этом рыбы находились в активном поиске и потребляли пищу.

Таким образом, результаты прямых наблюдений показали, что в случае работы только одного гидроагрегата, не зависимо от вырабатываемой им мощности, кокани как в верхнем, так и в нижнем бьефе ГЭС-1, способны удерживать необходимую зону обитания и самостоятельно избегать опасной зоны без последствий для нормального функционирования организма. Эти результаты подтверждают вывод, полученный ранее

на основании расчетных данных, что во время работы одной турбины ГЭС-1, рыбы потенциально могут выплыть против потока даже из трубы водозабора (Леман и др., 2014; 2015). Эти же расчеты показали, что при максимальном заборе воды ГЭС-1 (при работе двух турбин) потенциально возможны скорости течения, превышающие плавательную способность кокани, обитающей в водохранилище. Однако уже на удалении 1,5 м от створа водоприемного окна скорости потока при максимальных расходах будут составлять менее 1 м/с. Следовательно, более 70% рыб способны покинуть опасную зону, если не попадают непосредственно в створ водозабора (Леман и др., 2014; 2015).

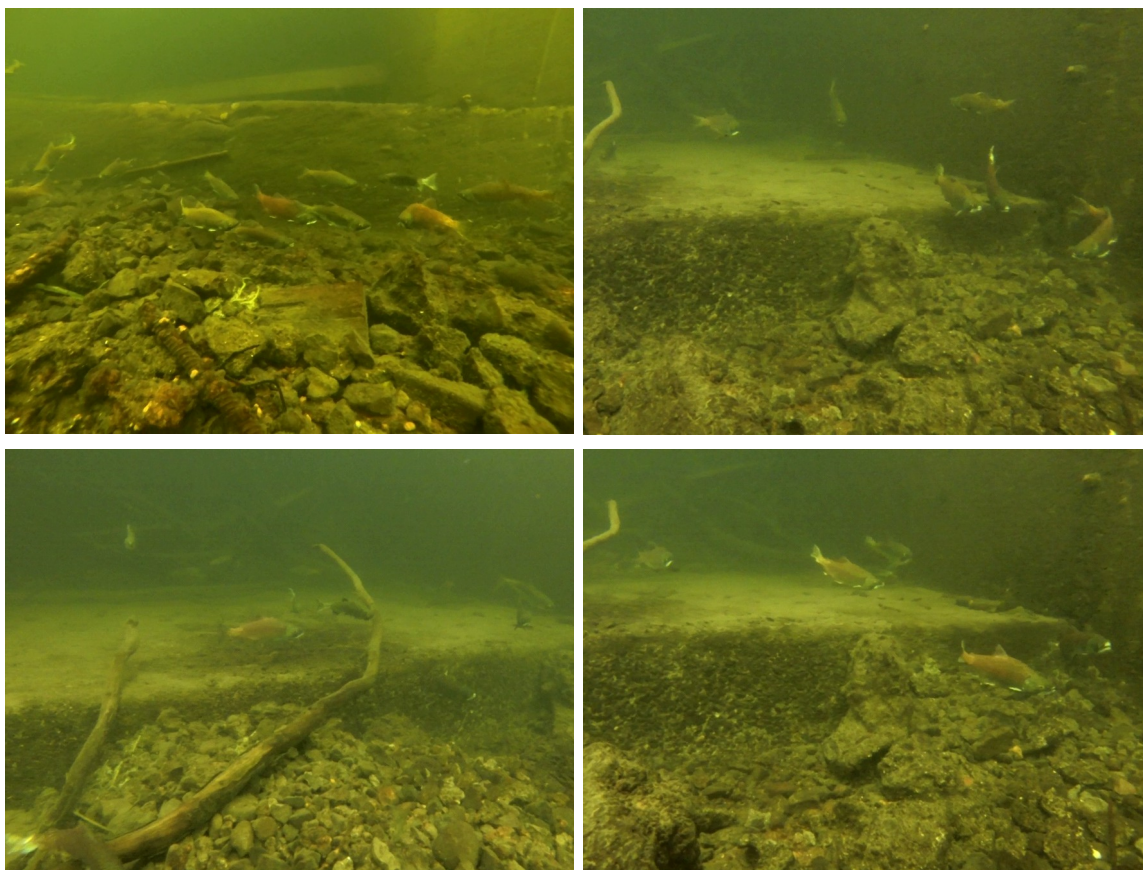


Рис. 8. Примеры видео наблюдений у окон водоприемника ГЭС-1 10–11 октября 2016 г. (на заднем плане видны замусоренные защитные металлические решетки)

Освещенность. Известно, что одним из основных рецепторов, с помощью которого рыбы способны ориентироваться в пространстве, является зрение. При этом в темное время суток роль зрения при ориентации рыб существенно снижается и может полностью утратить свое значение. Этим обстоятельством во многом определяется роль такого фактора как освещенность в цикле суточной активности у большинства рыб.

Ранее было показано, что динамика суточной активности тихоокеанских лососей (к которым относится и кокани) в большой степени зависит именно от степени освещенности, которая определяет интенсивность энергообмена, скорость физиологических процессов и пищевое поведение рыб в течение суток. Освещенность, в свою очередь, напрямую связана со временем суток, а также с сезоном года. Вместе с тем, независимо от сезона у лососей обычно наблюдается два пика суточной активности в утреннее и вечернее время. В середине светового дня происходит некоторое ее снижение, а ночью отмечается минимальная активность (Карпенко и др., 2013).

По данным стационарных гидроакустических наблюдений в верхнем бьефе ГЭС-1, встречаемость кокани в районе окон водоприемника как в июле, так и в октябре 2016 г.

также имела четко выраженную суточную динамику. Как следует из рисунка 9, в ночное время, как летом, так и осенью, отмечалось минимальное количество рыб у окон. С началом светового дня (который в июле 2016 г. длился ок. 16 ч, а в октябре — ок. 10 ч) встречаемость кокани у водоприемника постепенно возрастала, а ее максимум наступал приблизительно через 3–4 часа после рассвета (т.е. 8:00–10:00 ч в июле, и в 12:00–13:00 ч в октябре). Затем, в середине светового дня (11:00–18:00 ч в июле, и 14:00–16:00 в октябре), общая численность рыб у окон вновь снижалась, и снова резко возрастала примерно за 1–2 ч до заката (19:00–21:00 ч в июле, и 17:00 ч в октябре). Также отмечено, что в июле эта динамика была более «растянута», чем в октябре 2016 г., что, несомненно, связано с большей продолжительностью светового дня в этот период.

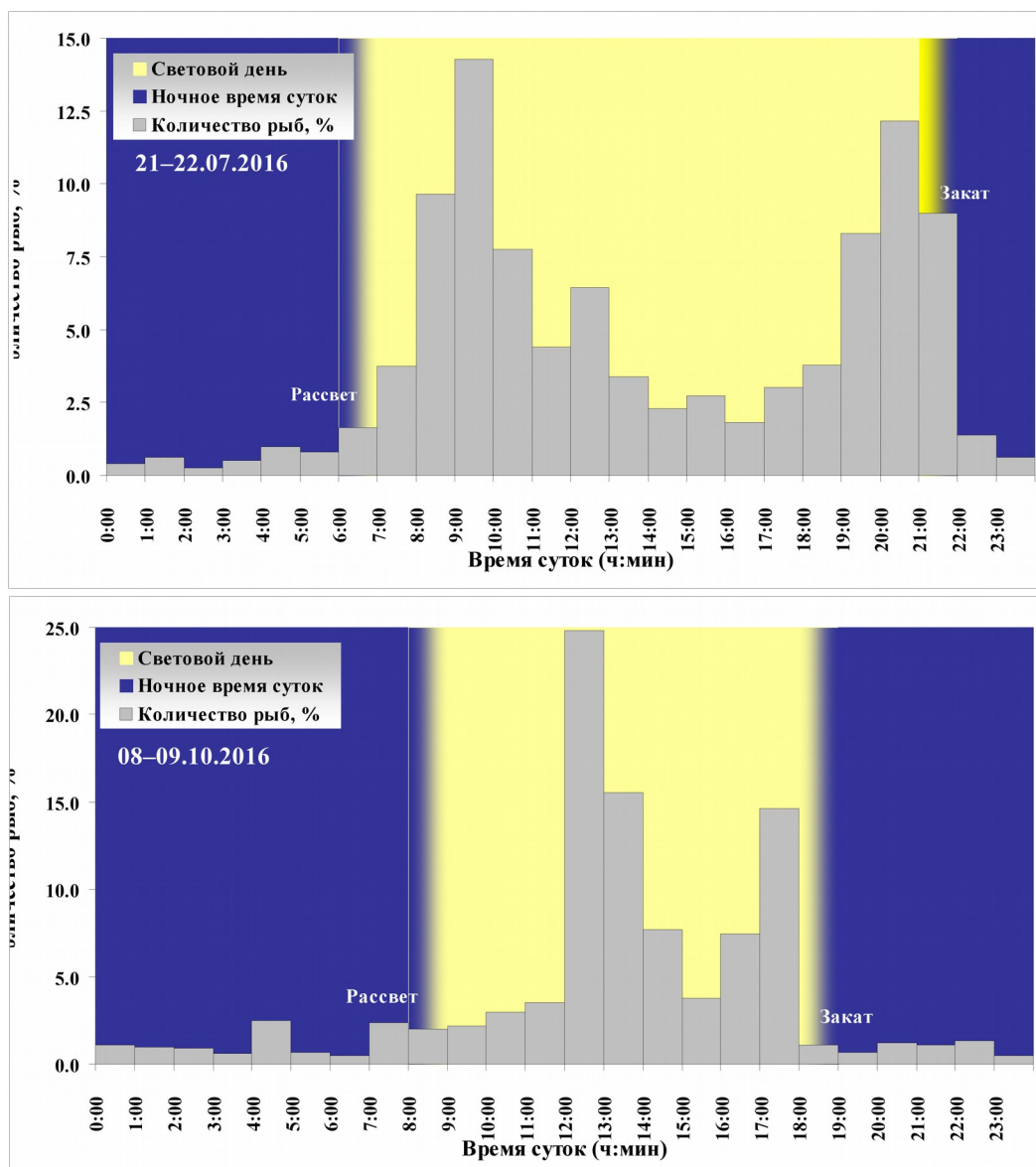


Рис. 9. Суточная динамика встречаемости кокани (% от общего количества рыб, учтенных эхолотом) у водоприемника ГЭС-1 (по данным стационарных суточных гидроакустических наблюдений в июле и октябре 2016 г.)

На основании этих результатов можно предположить, что а) количество кокани, попавшей в водоприемник ГЭС-1 зависит от времени суток и б) существует определенная суточная динамика ее ската из водохранилища. При этом максимальное количество рыб, очевидно, скатывается из водохранилища в дневное время.

Ранее полученные данные, основанные на сериях суточных наблюдений с поштучным просчетом рыб, проходящих створ водослива сразу ниже резервуара под ГЭС-1, выполненные в конце лета 2009–2015 гг., показали, что интенсивность ската кокани через турбину имеет выраженную дневную динамику с пиком в 12:00–16:00 (когда кокани после утреннего нагула формирует стаи, и в водозабор в это время, вероятно, начинают попадать стаи рыб, а не отдельные особи). Вместе с тем, результаты тех же работ показали, что в отдельные дни во время отключения турбин скат кокани может интенсифицироваться и в ночные часы, когда рыбы активно мигрируют через водозабор в нижний бьеф (Леман и др., 2015). Подтвердить или опровергнуть этот вывод на основании результатов прямых наблюдений пока не удалось.

Прозрачность. В мутной воде роль зрения при ориентации рыб в пространстве (также как и в ночное время суток) может также существенно снижаться. Более того установлено, что суточная ритмика попадания рыб в водозабор не наблюдается или слабо связана с освещенностью в водоемах с мутной водой (Павлов, Пахоруков, 1983). По результатам наблюдений 2016 г., прозрачность воды в июле в заливе, прилегающему к водозабору ГЭС-1, а также в р. Толмачева, была существенно ниже, чем в октябре, и не превышала 0,5–1 м. Это было связано с продолжающимся в этот период паводком. Высокая мутность воды в период весенне-летнего паводка, несомненно, может являться дополнительным внешним фактором, увеличивающим вероятность попадания кокани в водоприемник ГЭС-1. Никаких количественных оценок воздействия этого фактора пока нет. Для того чтобы их получить потребуются дальнейшие исследования.

Численность и биомасса кокани в водохранилище. Как показал анализ результатов гидроакустических съемок, по данным эхосчета в июле 2016 г. на исследованной площади Толмачевского вдхр. зарегистрировано 2205 экз., а в октябре 2016 г. — 274 экз. одиночных рыб (табл. 2). Их средняя длина тела в июле 2016 г. составляла 17,6 см, а октябре 2016 г. — 12,8 см. Остальные рыбы в пелагиали водохранилища образовывали скопления различной плотности и оценка их общей численности возможна только с применением метода эхоинтегрирования (Simmonds, MacLennan, 2005). По данным этого метода, суммарная численность и биомасса рыб (размерами 5–30 см) на акватории Толмачевского вдхр. в июле 2016 г. оценены в 530,470 тыс. экз. и 20,913 т (при средней плотности рыб на акватории 23,095 тыс. экз./км² и 0,911 т/км²). В октябре 2016 г. эти показатели составили: 77,272 тыс. экз. и 2,359 т, соответственно (при средней плотности 4,957 тыс. экз./км² и 0,151 т/км²) (табл. 2).

Таблица 2

Общая численность (N, тыс. экз.), биомасса (B, т) и доля различных размерных групп (%) кокани на акватории Толмачевского вдхр., рассчитанная на основании гидроакустических съемок, выполненных в районе глубоководной котловины в 2016 г.

Размерная группа	Июль 2016 г.			Октябрь 2016 г.		
	N	B	%	N	B	%
5–10 см	145,879	0,948	27,5	37,516	0,244	48,5
10–15 см	160,202	4,229	30,2	20,222	0,534	26,2
15–20 см	171,342	9,904	32,3	10,656	0,616	13,8
20–25 см	51,986	5,620	9,8	8,817	0,953	11,4
25–30 см	1,061	0,212	0,2	0,062	0,012	0,1
<i>Сумма</i>	<i>530,470</i>	<i>20,913</i>	<i>100,0</i>	<i>77,272</i>	<i>2,359</i>	<i>100,0</i>
Ср. плотность рыб (тыс. экз./км ² т/км ²)	23,095 0,911			4,957 0,151		
Количество одиночных рыб (по данным эхосчета)	2205			274		
Ср. длина рыб (по данным анализа силы цели, TS)	17,61			12,76		

Как следует из данных, представленных в таблице 2 (а также на рисунке 4), от июля к октябрю 2016 г. в пелагиали Толмачевского вдхр. произошли значительные изменения. Во-первых, существенно снизилась общая плотность распределения кокани в районе

глубоководной котловины. Во-вторых, увеличился вклад мелкоразмерных (т.е. младшевозрастных) особей в общую численность популяции, и на фоне этого произошло значительное (почти на 5 см) снижение средних размеров рыб. В результате, многократно уменьшилась суммарная численность и биомасса кокани (приблизительно в 5 и 10 раз, соответственно) (табл. 2). Причины таких изменений, на наш взгляд, напрямую связаны с сезонной динамикой миграций и количественного распределения кокани в водохранилище, и уже обсуждались выше.

Сравнение расчетов общей численности кокани в Толмачевского вдхр. в 2016 г., с результатами, полученными на основании гидроакустических съемок предыдущих лет, указывают на очень широкий размах полученных оценок. К примеру, по данным эхоинтегрирования, общая численность и биомасса кокани (размерами более 5 см) на акватории водохранилища составила в сентябре 2006 г. 1,694 млн экз. и 38,9 т; в июле 2013 г. — 0,205 млн экз. и 8,8 т; в октябре 2014 г. — 0,092 млн экз. и 3,1 т (табл. 3).

Таблица 3

Общая численность (N, тыс. экз.), биомасса (B, т) и доля различных размерных групп (%) кокани на акватории Толмачевского вдхр., рассчитанная на основании гидроакустических съемок, выполненных в 2006, 2013 и 2014 гг.

Размерная группа	Сентябрь 2006 г.			Июль 2013 г.			Октябрь 2014 г.		
	N	B	%	N	B	%	N	B	%
5–10 см	1000,039	6,500	59,0	57,432	0,373	28,0	32,877	0,214	35,6
10–15 см	425,733	11,239	25,1	61,965	1,636	30,2	31,278	0,826	33,8
15–20 см	188,894	10,918	11,1	50,807	2,937	24,8	19,212	1,110	20,8
20–25 см	61,497	6,648	3,6	34,213	3,698	16,7	8,996	0,972	9,7
25–30 см	17,958	3,592	1,1	0,697	0,139	0,3	0,092	0,018	0,1
<i>Сумма</i>	<i>1694,12</i>	<i>38,89</i>	<i>100,</i>	<i>205,11</i>	<i>8,78</i>	<i>100,</i>	<i>92,45</i>	<i>3,14</i>	<i>100,</i>
	<i>1</i>	<i>7</i>	<i>0</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	<i>0</i>
Ср. плотность рыб (тыс. экз./км ² т/км ²)	85,139 1,955			8,274 0,354			6,031 0,205		
Количество одиночных рыб (по данным эхосчета)	13364			747			821		
Ср. длина рыб (по данным анализа силы цели, TS)	10,25			14,56			13,26		

В целом, наш опыт проведения гидроакустических учетов численности кокани в условиях Толмачевского вдхр. в течение нескольких лет наблюдений показал следующее. Морфологические особенности этого водоема, а также особенности распределения толмачевской кокани в летне–осенний период, существенно ограничивают эффективность гидроакустических съемок на его акватории (Коваль и др., 2013), т.к. съемка охватывает только около половины его общей площади (см. рис. 2). В результате, мы получаем количественные оценки, которые, по-видимому, существенно ниже реальной численности кокани в водохранилище. Сейчас сложно сказать, насколько занижены эти оценки, но все указывает на то, что они вероятно как минимум в два раза ниже реальных значений численности. Если учесть этот факт, тогда можно предположить, что в 2016 г., общая численность и биомасса кокани (размерами более 5 см) на акватории Толмачевского вдхр. составляла как минимум 1 млн экз. при биомассе ок. 40 т.

Численность и биомасса кокани в районе каскада. Как уже было показано выше, кокани в районе каскада Толмачевских ГЭС распределяется неравномерно и концентрируется в основном в небольших относительно глубоководных водоемах в местах расположения различных гидросооружений, а основное русло р. Толмачева, как правило, избегает.

На основании величин, полученных по формуле 1 (при коэффициенте уловистости равном 0,48) установлено, что суммарная численность кокани в водоемах у плотин ГЭС-2 и ГЭС-3 составляла в июле 2016 г. в пределах 2630 и 2975 экз., а в октябре — 1600 и 415

экз., соответственно. Если учесть количественные оценки, полученные в ходе видео наблюдений, а также то, что в ходе работ была охвачена только часть площади каскада Толмачевских ГЭС, можно оценить общее количество кокани, которая одновременно населяла водотоки и водоемы каскада в июле 2016 г. в количестве ок. 10 тыс. экз. при биомассе ок. 350 кг (средняя масса рыб в сетях в этот период составляла 35,0 г).

В октябре 2016 г. общая численность рыб в пределах каскада значительно снизилась и не превышала суммарно ок. 3 тыс. экз. при биомассе ок. 165 кг (ср. масса рыб в сетях — 54,9 г). Снижение численности кокани от лета к осени, по-видимому, было связано как с естественной смертностью рыб и частичной их гибелью при прохождении гидросооружений, так и с убылью из системы Толмачевских ГЭС через водозабор ГЭС-3.

Другим важнейшим фактором, влияющим на сезонные изменения интенсивности попадания рыб в водозаборные сооружения ГЭС-1 может являться также степень проявления их реореакции (т.е. реакции на течение воды) (Павлов, Скоробогатов, 2014). В летний период в водохранилище имеется большое количество молодых рыб в миграционном состоянии, не проявляющей реореакцию при низкой освещенности или при небольшой прозрачности воды. К тому же для этих рыб, как правило, характерны малые критические скорости течения. В конце лета – начале осени нагульные миграции завершаются и молодь достигает таких размеров, при которых ее реореакция уже в меньшей степени связана с условиями зрительной ориентации, а критические скорости течения для рыб значительно увеличиваются, и возможность их сопротивления течению возрастает. Все это и является одной из причин уменьшения интенсивности попадания молодых рыб в водозабор ГЭС-1 от начала лета к осени. Существенным также является и снижение концентраций молоди в водоеме, обусловленное высокой естественной смертностью молоди на ранних этапах онтогенеза.

Воздействие эксплуатации Толмачевских ГЭС на популяцию кокани. Основным результатом воздействия эксплуатации Толмачевских ГЭС на толмачевскую кокани является убыль определенной части популяции из водохранилища через водозабор ГЭС-1. При этом некоторая часть рыб травмируется и гибнет при прохождении гидросооружений каскада.

Гибель рыб по мере перемещения из верхнего бьефа в нижний может происходить в результате действия ряда факторов. К ним относятся: перепады гидростатического давления, величина которого меняется по мере движения рыб по турбинному тракту; турбулентность и сдвигающие напряжения, возникающие при резком изменении скорости и направления движения потока; кавитация, обусловленная резким снижением давления за рабочим колесом турбины; механическое воздействие на рыб со стороны элементов конструкции турбины, и т.п. (Павлов, Скоробогатов, 2014).

По нашим оценкам, количество погибших рыб прямо пропорционально общей численности кокани, которая скатывается через водозаборы Толмачевской ГЭС-1 в течение летне-осеннего сезона. Так, по данным собственных наблюдений, а также основываясь на опросах сотрудников ПАО «КамГЭК», которые работают на различных объектах каскада, погибшая кокани постоянно встречается летом в нижнем бьефе всех трех электростанций (включая нижний бьеф ГЭС-3). В этот период, мертвая рыба активно утилизируются птицами и медведями. При этом общее число погибших рыб закономерно снижается от ГЭС-1 к ГЭС-3. Если в нижнем бьефе ГЭС-1 летом общее их количество ежедневно может достигать нескольких десятков экземпляров, то у ГЭС-3 мертвая кокани даже летом встречается лишь единично. Согласно ранее полученным оценкам, в июле-августе менее трети рыб (т.е. ок. 30%) в турбине ГЭС-1 расчленяются, получают иные фатальные повреждения и выносятся в реку мертвыми, оседая на отмелях сразу ниже слива (Леман и др., 2014; 2015).

Наши наблюдения также показали, что общее число погибших рыб от лета к осени существенно снижается. Так, в нижнем бьефе ГЭС-1 10–11 октября 2016 г. число зарегистрированных мертвых рыб составило не более 10–15 экз. (т.е. не выше 3% общей численности живой кокани, учтенной в тот же период в нижнем бьефе в ходе видео наблюдений, см. раздел 3,2).

Ранее было показано (Погодаев и др., 2010; Лепская и др., 2014), что в настоящее время общая численность толмачевской кокани регулируется исключительно воздействием природных факторов, т.е. в этой популяции первостепенное значение играет естественная смертность (по причине отсутствия промысловой смертности). В подавляющем большинстве популяций как пресноводных, так и морских рыб, максимальная естественная смертность наблюдается на ранних этапах онтогенеза (когда она может достигать более 90% численности), затем она существенно снижается (до уровня 25–30%), и вновь увеличивается к концу жизни (до 100% у наиболее старых рыб) (Малкин, 1999). В частности, для нерки (к которой также относится и кокани) было показано, что естественная смертность ее молоди в водоемах Камчатки на первом году жизни (сеголетки) может составлять более 90%, на втором (возраст 1+) ок. 80% и на третьем (2+) — ок. 30% (Крогиус, 1969; Бугаев, 1995; 2001). У большинства видов рыб, ежегодная естественная смертность особей среднего возраста также находится в пределах 25–30%. При этом современная теория эксплуатации запасов промысловых видов рыб допускает, что если из популяции (например, в ходе промысла), изымаются рыбы, общее количество которых находится на уровне их естественной смертности, то это не наносит ей вреда (Малкин, 1999).

По результатам полевых наблюдений 2016 г., общая численность кокани в районе глубоководной котловины Толмачевского вдхр. в июле 2016 г., оцененная на основании гидроакустических съемок, составила ок. 530 тыс. экз., а в октябре 2016 г. — ок. 77 тыс. экз. (см. табл. 2). В водотоках и водоемах, расположенных в пределах каскада Толмачевских ГЭС, общая численность рыб в тот же период составила ок. 10 тыс. экз. и 3 тыс. экз., соответственно (см. предыдущий раздел). Таким образом, суммарная убыль кокани из Толмачевского вдхр. через водозабор ГЭС-1 (с учетом рыб, погибших при прохождении гидросооружений), в первом случае составила 2,4%, а во втором — 3,9% общей численности популяции. Если принять во внимание допущение, что наши оценки общего количества кокани в водохранилище, полученные гидроакустическим методом, занижены как минимум в два раза, тогда ее общая убыль будет еще ниже, и не превысит (как в первом, так и во втором случае), 2% численности.

Заключение

Результаты контрольных обловов и гидроакустических наблюдений, выполненных в июле и октябре 2016 г. свидетельствуют, что область распространения толмачевской кокани, по всей видимости, ограничивается только акваторией Толмачевского вдхр. и водоемами и водотоками в пределах каскада Толмачевских ГЭС, куда она попадает через водозабор ГЭС-1.

В летне-осенний период кокани активно осваивает всю площадь Толмачевского вдхр. и встречается практически на любых его участках от поверхности до дна. Особенности количественного распределения рыб в водохранилище определяются сроками нагульных и нерестовых миграций. В летний период особи всех размерно-возрастных групп широко распространены во всех частях водоема, однако концентрируются, в основном, на свале глубин и в районе глубоководной котловины (в местах массового развития кормового зоопланктона и нектобентоса). Осенью большая часть кокани мигрирует на обширные мелководные участки водохранилища: половозрелые рыбы — к местам нереста (после которого подавляющее большинство из них погибает), а молодь и незрелые особи — в поисках пищи вследствие обеднения кормовых ресурсов пелагиали.

В пределах каскада Толмачевских ГЭС, кокани концентрируется, по преимуществу, только на отдельных его участках — в стоячих и относительно глубоководных заводях в районе различных гидротехнических сооружений (плотины, водозаборы, мосты). Несомненно, что такое распределение рыб в районе каскада напрямую связано с особенностями их обитания в Толмачевском вдхр. Кокани, как типично лимнофильная (озерная) форма нерки, слабо адаптирована для жизни в речных условиях (в отличие от ее проходной формы) и старается занимать в бассейне реки биотопы, близкие по характеру к озерному типу. Сейчас сложно сказать, успела ли в р.

Толмачева в пределах Толмачевских ГЭС сформироваться отдельная «речная» популяционная группировка кокани (способная зимовать и нереститься в водоемах или водотоках каскада), или это всего лишь рыбы, которые ежегодно пополняют реку из Толмачевского вдхр. Чтобы выяснить это — потребуются дополнительные исследования.

Общая численность кокани в районе каскада Толмачевских ГЭС в летне-осенний период напрямую связана с интенсивностью ее ската из Толмачевского вдхр. через водозабор ГЭС-1 и может иметь выраженную суточную и сезонную динамику. Количество рыб попадающих в р. Толмачева через водозабор ГЭС-1, в свою очередь, зависит от общей численности рыб в заливе водохранилища, примыкающего к плотине ГЭС-1, которая существенно выше в летние месяцы, и значительно снижается в осенний период. Вероятно, в зимне-весенний период, общее количество кокани в районе каскада может быть еще ниже, чем осенью. Это напрямую связано с общим снижением количества рыб, скатывающих в подледный период из Толмачевского вдхр. из-за низкой миграционной активности кокани на акватории водохранилища во время зимовки.

Основные внешние факторы, которые непосредственно влияют на скат кокани из Толмачевского вдхр., а также ее миграции в пределах каскада Толмачевских ГЭС имеют в основном техногенное происхождение. Наиболее важными из них являются конструктивные особенности отдельных гидросооружений, а также режим эксплуатации гидроэлектростанций, который напрямую определяет зарегулирование стока и основные гидрологические характеристики водных объектов, расположенных в пределах каскада. Основными абиотическими факторами, которые способны оказывать заметное воздействие на рыб в районе гидросооружений являются скорость потока, освещенность и прозрачность воды.

Сезонная динамика ската кокани из Толмачевского вдхр. и изменения ее общей численности в районе каскада Толмачевских ГЭС в течение года может зависеть от множества случайных факторов (гидрологические условия конкретного года; межгодовые изменения общей численности популяции кокани в водохранилище; особенности сезонных миграций рыб; режим эксплуатации гидроэлектростанций каскада; и мн. др.). В настоящий момент, из-за недостаточного количества данных полевых наблюдений, большинство из этих факторов невозможно точно количественно оценить или формализовать.

Убыль в популяции кокани Толмачевского вдхр., которая происходит в ходе эксплуатации Толмачевских ГЭС, весьма незначительна, и исходя из биологических принципов, не наносит ущерба для популяции. Более того, это воздействие можно считать мелиоративным, поскольку оно способствует хотя бы частичному снижению общей численности кокани в водохранилище.

Список литературы

- Базаркина Л.А.** Изменения в зоопланктоне озера Толмачева в связи со строительством ГЭС // Сохр. биоразн. Камчатки и прилегающих морей: Сб. мат. II научной конф. — Петропавловск-Камчатский: Камчат, 2001. — С. 149–151.
- Бугаев В.Ф.** Азиатская нерка-2 (биологическая структура и динамика численности локальных стад в конце XX-начале XXI вв.). — Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2001. — 380 с.
- Бугаев В.Ф.** Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). — М.: Колос. 1995. — 464 стр.
- Войниканис-Мирский В.Н.** Техника промышленного рыболовства. — М.: Лег. и пищ. пром-ть, 1983. — 488 с.
- Карпенко В.И., Андриевская Л.Д., Коваль М.В.** Питание и особенности роста тихоокеанских лососей в морских водах. — Петропавловск-Камчатский: Изд. КамчатНИРО, 2013. — 304 с.
- Каскад ГЭС на реке Толмачева.** — Санкт-Петербург. Изд. Ленгидропроект, 1997. — 20 с.
- Коваль М.В., Лепская Е.В., Дубынин В.А., Шубкин С.В., Травин С.А.** Опыт гидроакустических исследований лососей в пелагиали некоторых озер Камчатки // Бюл. № 8 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток: ТИНРО-Центр, 2013. — С. 207–225.

- Крогиус Ф.Г.** Продукция молоди красной в оз. Дальнем // *Вопр. ихтиол.* Т.9. №6(59), 1969. — С. 120–132.
- Куренков С.И.** Результаты интродукции кокани в озера Камчатки // *Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки. Доклады областной научно-практической конференции.* — Петропавловск-Камчатский: ОАО «Камчатский печатный двор», 2000. — С. 139–141.
- Леман В.Н., Есин Е.В., Сорокин Ю.В.** Отчет НИР по теме: «Эколого-рыбохозяйственный мониторинг состояния водных биоресурсов и среды их обитания при эксплуатации каскада Толмачевских ГЭС (ГЭС-1, ГЭС-2 и ГЭС-3). 2014 год.». — ВНИРО. Москва. Петропавловск-Камчатский, 2014. — 64 с.
- Леман В.Н., Есин Е.В., Чалов С.Р., Сорокин Ю.В.** Отчет о выполнении работ по теме: «Эколого-рыбохозяйственный мониторинг состояния водных биоресурсов и среды их обитания при эксплуатации каскада Толмачевских ГЭС (ГЭС-1, ГЭС-2 и ГЭС-3). 2015 год.». — ООО «РИТРОН». Москва. Петропавловск-Камчатский, 2015. — 66 с.
- Лепская Е.В., Коваль М.В., Базаркина Л.А., Бонк Т.В., Бочкова Е.В., Бугаев В.Ф., Виноградова Д.С., Лосенкова К.В., Гаврюсева Т.В., Свириденко В.Д., Сергеенко Н.В., Устименко Е.А., Городовская С.Б.** Становление и современное состояние экосистемы Толмачевского водохранилища (п-ов Камчатка) и акклиматизированной в нем популяции кокани (*Oncorhynchus nerka kennerlyi*) // *Известия ТИНРО.* Т. 178., 2014. — С. 95–115.
- Малкин Е.М.** Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб. — М.: Изд-во ВНИРО, 1999. — 146 с.
- Маркевич Г.Н.** Интродукция жилой формы нерки *Oncorhynchus nerka* (Walb.) в безрыбные водоемы Камчатки : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М. : МГУ, 2008. — 24 с.
- Маркевич Г.Н.** Результаты интродукции жилой формы нерки *Oncorhynchus nerka* в Толмачёвское озеро (Камчатка) // *Вопр. ихтиол.* Т. 49, № 2, 2009 — С. 85–92.
- Монсеев П.А.** Ихтиология и рыбоводство. — М: Пищевая промышленность, 1975. — 280 с.
- Павлов Д.С., Пахоруков А.М.** Биологические основы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения. — М.: Лег. и пищ. пром-ть. 2-е изд. перераб., 1983. — 264 с.
- Павлов Д.С., Скоробогатов М.А.** Миграции рыб в зарегулированных реках. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. — 413 с.
- Погодаев Е.Г., Куренков С.И.** 2007. Интродукция кокани *Oncorhynchus nerka kennerlyi* (Suckley) в озера Камчатки // *Вопросы рыболовства.* Т.8. №3(31), 2007. — С. 394–406.
- Погодаев Е.Г., Куренков С.И., Базаркина Л.А., Шубкин С.В., Воронин Н.Ю.** Популяция интродуцированной кокани в условиях преобразования озера Толмачева в водохранилище // *Вопросы рыболовства.* Т. 11. №1(41), 2010. — С. 65–78.
- Simmonds J., and MacLennan D.** Fisheries acoustics: theory and practice. Blackwell, Oxford, UK, 2005. — 437 p.