

ОЦЕНКА ПРИЁМНОЙ ЁМКОСТИ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ АКВАТОРИИ ЗАЛ. АНИВА И ЮГО-ВОСТОЧНОГО САХАЛИНА (ОХОТСКОЕ МОРЕ) ДЛЯ МОЛОДИ КЕТЫ И ГОРБУШИ

© 2021 г. В.С. Лабай, Г.В. Шевченко, И.А. Атаманова, Д.С. Заварзин,
О.Н. Мухаметова, Н.К. Заварзина, А.А. Живогляд, Т.С. Шпилько, Е.С. Корнеев

*Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО),
г. Южно-Сахалинск, 693023,
E-mail: v.labaj@yandex.ru*

Поступила 23.08.2021 г.

По результатам исследований у юго-восточного Сахалина и в зал. Анива в 2017–2020 гг. описана гидрологическая характеристика морского побережья на четырех участках: 1) северная часть зал. Анива — бух. Лососей, 2) юго-восточная часть зал. Анива, 3) скалисто-каменистое побережье юго-восточного Сахалина, 4) открытое песчаное побережье юго-восточного Сахалина. Проанализирована поэтапная (со второй декады мая по первую декаду июля) изменчивость структуры и продукционных показателей зоосестона. Рассмотрена изменчивость прибрежной ихтиофауны и питание рыб-планктофагов. В результате исследований произведен расчёт приёмной ёмкости для покатников тихоокеанских лососей (горбуша и кета). В северной части зал. Анива (участок 1) приёмная ёмкость для покатников кеты оценена на уровне 335 млн шт., для покатников горбуши — 426 млн шт. В юго-восточной части зал. Анива для покатников кеты — 78,3 млн шт., для покатников горбуши — 398,3 млн шт. На участке 3 над глубинами 0–3 м приёмная ёмкость для покатников кеты составляет около 138,7 млн шт., для покатников горбуши — около 129,2 млн шт. На участке 4 над глубинами 0–3 м — около 18,2 млн покатников кеты и около 67,2 млн покатников горбуши.

Ключевые слова: кета *Oncorhynchus keta*, горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*, приёмная ёмкость, гидрология, зоосестон, ихтиофауна, планктофаг

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время значительный интерес учёных вызывает изучение водных экосистем с точки зрения оценки их ёмкости среды. Это позволяет перейти к практическим аспектам: описать значимость того или иного водоема для перспектив промыслового рыболовства, товарно-восстановительного рыбобоводства и спортивно-любительского рыболовства. Основу аквакультуры на о. Сахалин составляют лососёвые рыбо-разводные заводы. Общий объём выпуска покатников тихоокеанских лососей не должен превышать ёмкости среды,

в связи с чем, остро встает вопрос изучения кормовой базы молоди тихоокеанских лососей в морском побережье. Проведённый в 2017–2020 гг. на различных участках морского побережья зал. Анива и юго-восточного Сахалина мониторинг гидрологических условий, сообществ планктона и ихтиофауны позволил накопить достаточный объём данных для оценки приёмной ёмкости среды для молоди тихоокеанских лососей.

Цель работы — оценить приёмную ёмкость среды для молоди тихоокеанских лососей (горбуша *Oncorhynchus*

gorbuscha и кета *O. keta*) в морском побережье юго-восточного Сахалина и в зал. Анива на основе сезонных комплексных съёмок, выполненных в 2017–2020 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на однородных участках побережья (0–20

м) вблизи впадения устьев рек, являющихся базовыми действующими или строящимися лососевых рыборазводных заводов в 2017–2020 гг. Участок 1 относится к открытому песчаному побережью зал. Анива (бух. Лососей) у впадения р. Таранай (площадь 200,8 км²). Участок 2 (у впадения р. Островка — 91,1 км²) характерен для скалистого побережья зал.

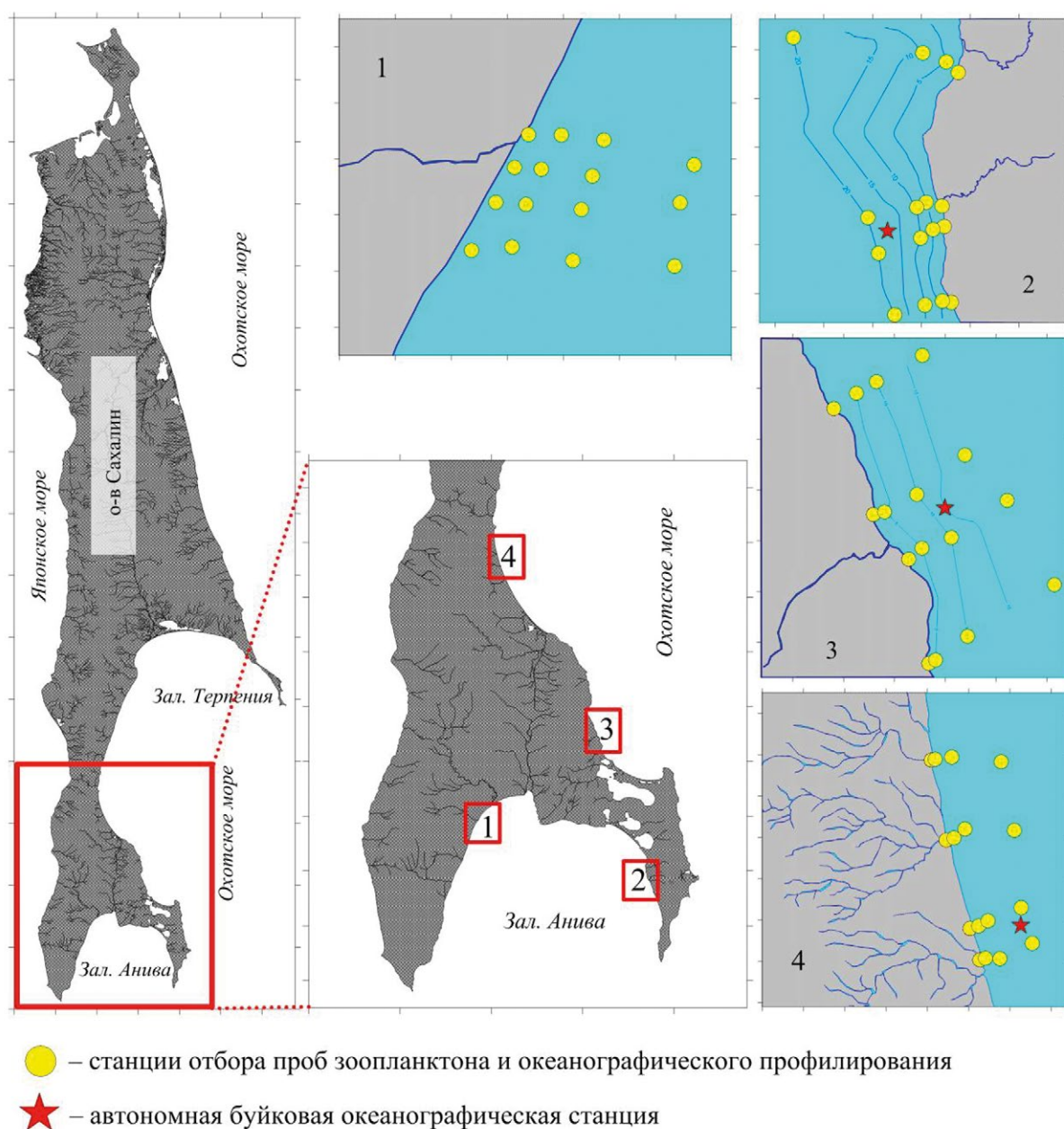


Рис. 1. Карта-схема района исследований. Участки: 1) зал. Анива у впадения р. Таранай, 2) зал. Анива у впадения р. Островка, 3) юго-восточный Сахалин у впадения р. Долинка, 4) юго-восточный Сахалин у впадения р. Дудинка.

Анива с выраженной сублиторальной ванной, отделенной от моря прерывистой рифовой грядой. Участок 3 (у впадения р. Долинка — 167,9 км²) относится к скалисто-каменистому побережью юго-восточного Сахалина с выраженной сублиторальной ванной. Участок 4 (у впадения р. Дудинка — 148,3 км²) является типичным для открытого песчаного побережья юго-восточного Сахалина с выраженным вдольбереговым валом песчаных наносов (рис. 1).

Для учета динамики ихтиофауны и в связи со сроком нахождения молоди лососей в побережье, составляющем 10–14 дней (Карпенко и др., 2013, данные авторов), расчеты разбиты на три этапа: 1-й — вторая половина мая, 2-й — первая половина июня, 3-й — вторая половина июня — июль.

Исследования среды обитания, кормовой базы и питания рыб-планктофагов проводили с мая по начало июля ежедекадно с борта моторной лодки на двух разрезах по обе стороны от устья базовой реки. На станциях, приуроченных к урезу воды и изобатам 5, 10 и 20 м отбирали пробы зоо- и ихтиопланктона, зондом YSI-85 выполняли вертикальное профилирование водной толщи с вертикальным интервалом 1 м для измерения температуры (°C) и солёности воды (psu), а также концентрации в воде рас-

творенного кислорода (мл/дм³). На участках 2, 3 и 4 для изучения гидрофизических процессов выставляли автономную буйковую станцию (АБС) в притопленном варианте, которая в том числе включала в себя акустический доплеровский измеритель течений SonTek.

Один раз весной (май) и один раз летом (июль) в 2018–2020 гг. для уточнения состава и показателей обилия зоосестона съёмки выполняли на четырех разрезах, согласно схеме (рис. 1). Общее количество отобранных проб и проведенных измерений показано в таблице 1.

Во второй половине мая, первой и второй половинах июня в 2018–2020 гг. выполняли ихтиологические съёмки для учета численности и биомассы рыб и отбора проб на питание рыб.

Оценка биомассы ихтиофауны приведена по данным обловов малым (мальковым) закидным неводом длиной 12 м, ваерами — 30 м, высотой стенки — 5 м, ячейей — 5×5 мм. Расчёт удельной численности (N , экз./м²) и биомассы (B , г/м²) рыб каждого вида проводили с учётом облавливаемой площади ($S = a \times b$, где a — длина невода, b — длина ваера). Коэффициент уловистости закидных неводов приняли равным 0,5 (Карпенко и др., 1997). Дополнительно мальковой волокушей длиной 10 м, с ячейей в крыльях 5×5 мм, в кутце — 3×3 мм

Таблица 1. Объём собранных данных

Год	Участок	Гидрологическая съёмка, профилей	Зоопланктон, проб	Ихтиопланктон, проб	Ихтиофауна, ловов
2017*	1	16 (измерения проводились только на 4-х станциях)	45	–	27
2018	2	41	41	55	30
2019*	3	72	72	72	89
2020	4	56	56	56	33

Примечание: * Исследования проводились только по 4-м декадам.

производили отбор молоди кеты и горбуши. Данные обловов закидным неводом и мальковой волокушей суммировались.

Пробы зоосестона и ихтиопланктона отбирали методом тотального облова; зоосестон — планктонной сетью БСД-37, ихтиопланктон — планктонной сетью ИКС-50 (Расс, 1966; Рекомендации..., 1987; Волков, 2008). Поскольку существенную роль в питании рыб-планктофагов в прибрежье играют донные организмы, поднимающиеся в пелагиаль в результате вертикальных миграций и волнового перемешивания, для целей настоящей работы учитывались все животные, попадавшие в планктонную сеть, как планктонные, так и прочие, т. е. весь зоосестон. Близ уреза воды пробы зоосестона и ихтиопланктона отбирали фильтрацией через планктонную сеть 100 л воды.

Продукцию зоосестона (P) приближенно оценивали физиологическим методом через уравнение дыхания (Алимов, 1989):

$$R = aW^b,$$

где W — средняя масса особи в популяции (г); R — скорость потребления кислорода ($\text{мгO}_2/\text{ч}\cdot\text{г}$); b — показатель степени; a — коэффициент интенсивности дыхания ($\text{мгO}_2/\text{ч}\cdot\text{г}$).

Полученную величину умножали на 24. Для перевода единиц кислорода и массы в единицы энергии использовали переходные коэффициенты: 3,48 ккал/ гO_2 , 3,15 $\text{мгO}_2/\text{мгC}$, 44,77 Дж/ мгC (Алимов, 1989).

Продукция (P) приближенно оценивалась:

$$P = R(K_2 / (1 - K_2)),$$

где K_2 — коэффициент утилизации пищи на рост (Алимов, 1989, Методические ..., 1984). Значение K_2 для ветвисто-

усых рачков равно 0,3–0,4, а для веслоногих раков, в зависимости от продолжительности развития, — 0,1–0,3 (Методические ..., 1984). Для всех остальных организмов брали среднюю величину — 0,26 (Алимов, 1989, Методические ..., 1984).

Продукцию биоценоза (P_6) рассчитывали по равенству (Алимов, 1989):

$$P_6 = P_m + P_x - C_x,$$

где P_m — суммарная продукция популяций мирных животных; P_x — суммарная продукция популяций хищников; C_x — суммарный рацион популяций хищников.

Приёмная ёмкость водного объекта для целей искусственного воспроизводства или пастбищной аквакультуры оценивается путем сопоставления экологической ёмкости водного объекта, количества молоди данного вида, фактически обитающего в нём и количества обитающих видов водных биоресурсов со сходными экологическими потребностями.

На основании сведений, полученных в ходе реализации комплексной ихтиологической и планктонных съёмок, рассчитывается биомасса кормовых организмов для водного объекта по формуле:

$$B_{\text{сест.общ.}} = \frac{B_{\text{сест.сп.}} \times S}{1000},$$

где: $B_{\text{сест.общ.}}$ — общая биомасса организмов пелагиали, пригодных в пищу объекту искусственного воспроизводства или пастбищной аквакультуры, кг, ккал; $B_{\text{сест.сп.}}$ — средняя биомасса организмов пелагиали, пригодных в пищу объекту искусственного воспроизводства или пастбищной аквакультуры, $\text{г}/\text{м}^2$, ккал/ м^2 ; S — площадь биотов в водном объекте, на которых определяется биомасса организмов пелагиали, м^2 ; 1000 — множитель для перевода граммов в килограммы, калорий в килокалории.

На основании полученных сведений, рассчитывается величина продукции кормовых организмов сестона, изымаемая обитающими в водном объекте видами водных биоресурсов, по формуле:

$$P_{\text{изъят.}} = \sum N_i \times m_{\text{ср.}i} \times R_i,$$

где: $P_{\text{изъят.}}$ — величина продукции пелагических кормовых организмов, изымаемая обитающими в водном объекте видами водных биоресурсов; Σ — показатель суммирования величин по отдельным видам водных биоресурсов; N_i — численность каждого из обитающих в данном водном объекте вида водных биоресурсов, экз.; $m_{\text{ср.}i}$ — средняя масса особи каждого из обитающих в данном водном объекте вида водных биоресурсов; R_i — рацион каждого из обитающих в данном водном объекте вида водных биоресурсов, % от массы тела; произведение двух последних величин можно заменить абсолютным средним рационом на одну особь $R_{\text{а.}}$, кг, ккал.

Вычитая из величины продукции кормовых организмов сестона величину возможного изъятия продукции, определяют резерв продукции организмов сестона по формуле:

$$P_{\text{сест.рез.}} = P_{\text{сест.общ.}} - P_{\text{изъят.}}$$

где $P_{\text{сест.рез.}}$ — резерв продукции организмов сестона.

Далее рассчитывается возможная биомасса объекта искусственного разведения, обеспеченная резервом продукции кормовых организмов сестона, по формуле:

$$P_{\text{объекта}} = \frac{P_{\text{сест.рез.}}}{k_2},$$

где: $P_{\text{объекта}}$ — биомасса объекта искусственного воспроизводства или пастбищной аквакультуры, обеспеченная резервом продукции кормовых организмов сестона; k_2 — кормовой коэффициент (коэффициент использования

ассимилированной пищи на рост), безразмерная величина. Для целей настоящей работы использована величина $k_2 = 2,5$ (Леванидов, 1969; Методика ..., 2011).

Плотность молоди лососей в прибрежье рассчитана, исходя из максимального ската за весь период наблюдений, как частное от совокупного ската к общей площади прибрежной зоны для каждого конкретного участка. Пополнение молоди может происходить также за счёт миграции с соседних участков прибрежья. В данной работе, в качестве допущения, принимается «обнуление» этой части пополнения, т. к. обмен молодью между участками принимается равноценным при общей незначительной протяженности границ участков (до 2 км) при значительной протяженности участков — 50–100 км.

Изучение содержимого пищеварительных трактов рыб проводили по принятым методикам (Методическое..., 1974). Суточные рационы рыб в пределах изобат 0–3 м рассчитывались по методике, разработанной Чучукало и Напазаквым (1999):

$$C_n = F_n \times t_n,$$

где $F_n = 1 / t_n \times \int_0^n f_F(t) \times dt$ — средняя по времени скорость потребления корма; $D_x = 16W^{0,18}y_m^{0,6}\tau$ — время переваривания 90 % пищи; $y_m = m_p/W$, где m_p — начальная масса пищи, W — масса рыбы; $\tau = 10^{0,035(\Theta_0 - \Theta)}$ — температурная поправка.

Общее количество собранных проб (желудков) на питание рыб показано в таблице 2.

Для предупреждения ошибок, связанных с тем, что энергетическая ценность различных кормовых объектов может существенно различаться по видам и группам при расчете приёмной ёмкости через единицы массы (Борисов и др., 2004), все расчёты производили

Таблица 2. Количество обработанных желудков на питание рыб

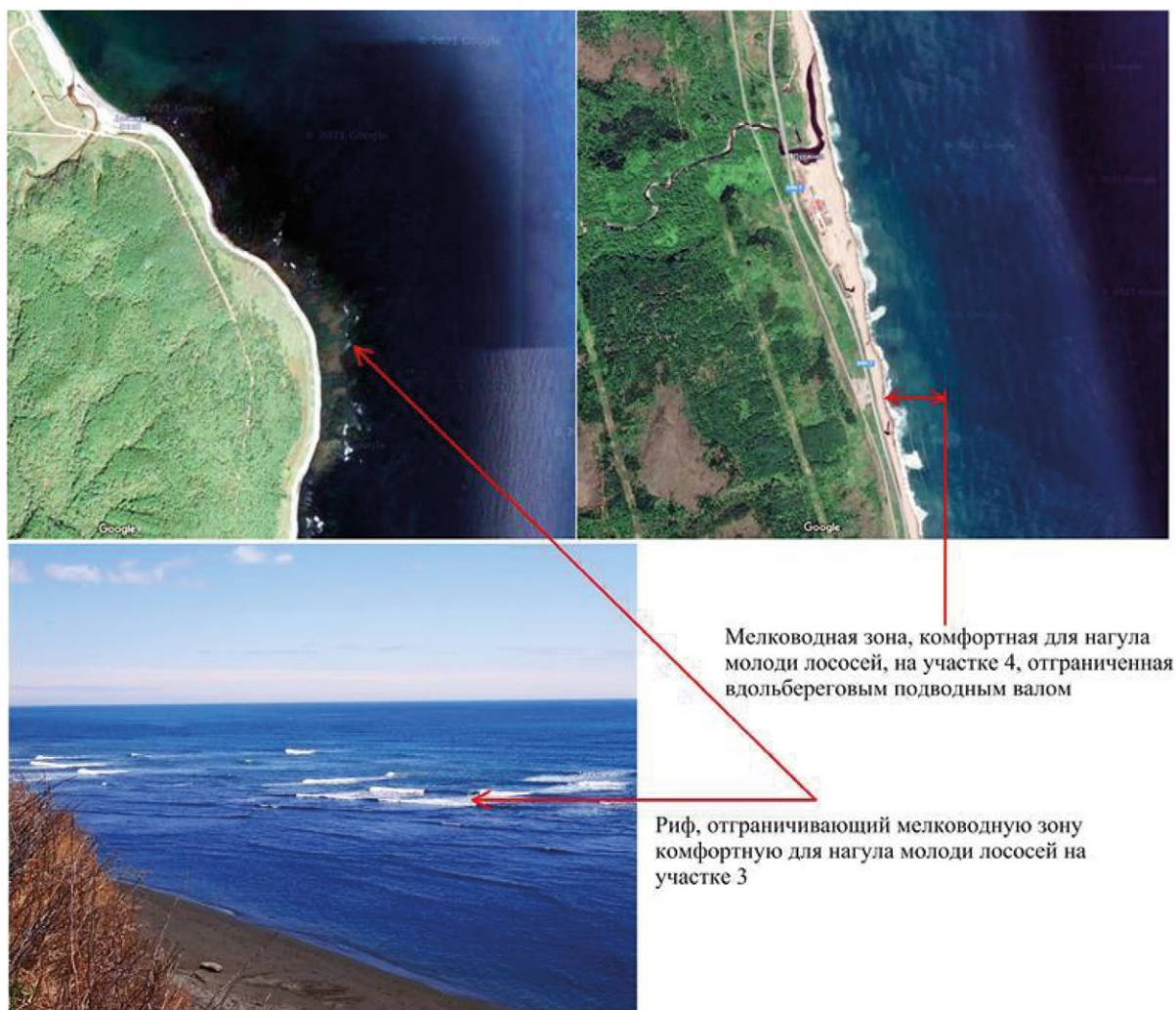
Период	Участок	Количество желудков	
		Молодь лососей р. <i>Oncorhynchus</i>	Прочие рыбы
2017	1	382	–
2018	2	180	134
2019	3	136	221
2020	4	42	263

в энергетическом эквиваленте массы — через калорийность, выраженную в калориях на единицу сырой массы.

Сопряженность гидрологических данных оценивали с помощью линейной корреляции Пирсона (Орлов, 2006).

Метеоданные взяты с сайта <https://rp5.ru/>.

Расчёт приёмной ёмкости производили по толщине слоя воды комфортно по температуре для молоди лососей (выше 5–6 °С) (Шунтов, Темных, 2008).

**Рис. 2.** Вдольбереговые мелководные зоны на участках 3 и 4.

Для участков 3 и 4 использован принцип «бутылочного горлышка», где общая приёмная ёмкость лимитирована пропускной способностью отделенного рифами или вдольбереговыми валами мелководного участка с глубиной до 3 м (рис. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрологическая характеристика. Наиболее важной особенностью гидрологических условий, выявленной при анализе данных наблюдений на АБС, были периодические резкие понижения температуры морской воды в прибрежных акваториях вплоть до отрицательных значений, что характерно для изучаемого района (Шевченко, Кирил-

лов, 2017). Солёность воды изменялась в противофазе с температурой ($R = \text{минус } 0,85$), что типично для акваторий, в которых, в зависимости от направления действующих ветров, развиваются явления апвеллинга и даунвеллинга.

В районе устья р. Островка (участок 2) резкие понижения температуры (рис. 3) происходили при отжимных ветрах северо-восточного и близких к нему румбов, которые весной и летом 2018 г. достаточно часто наблюдались над изучаемым районом, несмотря на то, что в тёплый период года обычно преобладают ветра южного — юго-западного румбов (летний муссон). Одно из наиболее значительных понижений температуры воды было отмечено 7–9 июня.

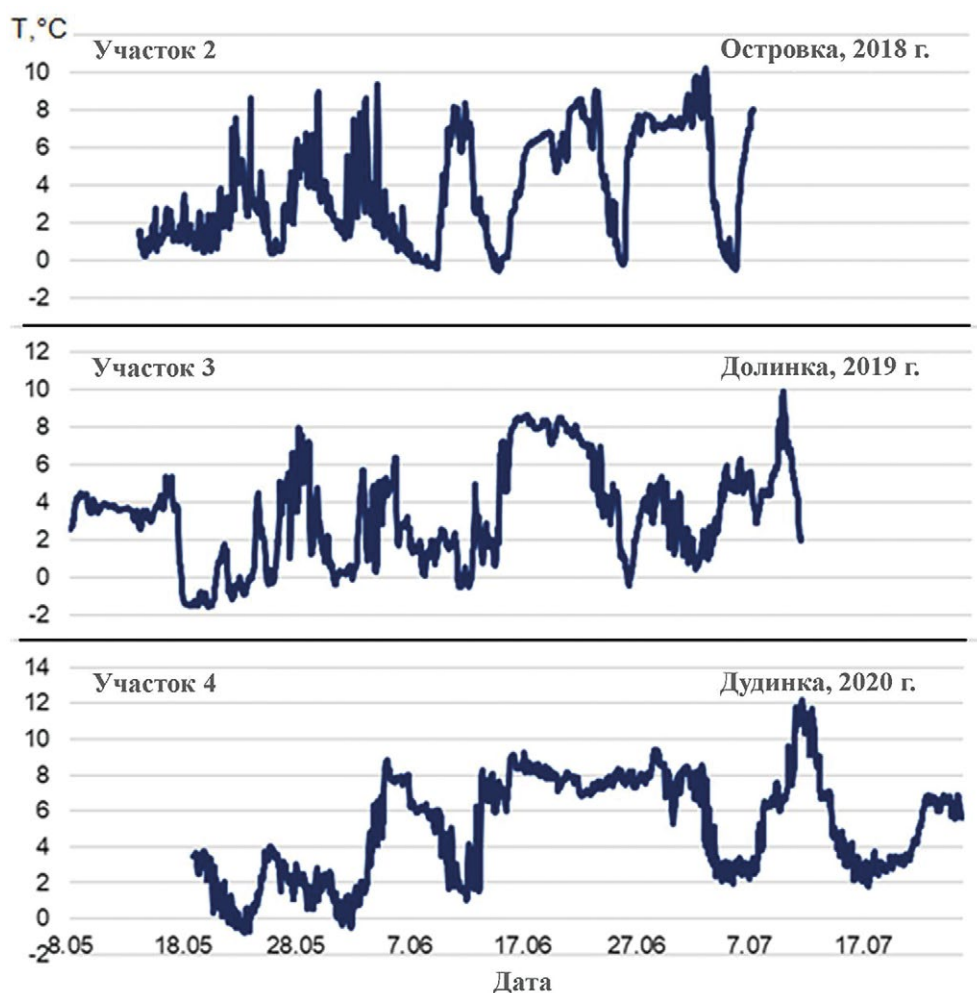


Рис. 3. Динамика температуры морской воды по измерениям на АБС.

В этот период вода поверхностного слоя, уже прогретая до 11–12 °С, была оттеснена в направлении открытого моря, а вблизи берега температура воды опустилась до 4–5 °С, что было обусловлено действием в течение нескольких суток устойчивого северо-восточного ветра со скоростью 4–5 м/с.

У юго-восточного побережья Сахалина отжимной характер имеют ветра юго-западного и южного румбов (Шевченко, Кириллов, 2017). В районе устья р. Долинка (участок 3) наиболее значительное понижение температуры до –1,5 °С было зафиксировано с 18 по 21 мая 2019 г. на глубине около 17 м (рис. 3). Аналогичная картина была выявлена на данном участке взморья по результатам гидрологической съемки 27 июня — в прибрежной части даже у поверхности температура воды снизилась примерно на 8–9 °С по сравнению с предшествующей съемкой 19 июня. При этом прогретый слой стал существенно тоньше, а более теплая вода была оттеснена в направлении открытого моря. Такое выраженное проявление апвеллинга было обусловлено действием в течение нескольких суток достаточно сильного (7–9 м/с) юго-западного ветра.

В районе устья р. Дудинка (участок 4) весной и летом 2020 г. наблюдали аналогичную картину с резкими снижениями температуры морской воды при отжимных ветрах (рис. 3). Подобные ситуации являются важным фактором риска для жизнедеятельности молоди лососевых рыб в ранний морской период жизни.

Еще одним важным результатом океанологических исследований была оценка направления прибрежных течений. На акватории, прилегающей к устьям рек Дудинка и Долинка (участки 3 и 4), преобладают течения южного румба, что может приводить к сносу зоопланктона на различных стадиях раз-

вития и молоди лососевых рыб в южном направлении. Повторяемость течений, ориентированных в противоположную сторону (они формируются при отжимных ветрах), составляла около 20%. Близкая частота встречаемости направления прибрежных течений отмечена и в районе устья р. Островка (участок 2), где преобладают течения северного румба, возникающие при типичных ветрах южного сектора, а при отжимных — направление прибрежного потока изменяется на южное.

Питание рыб. Плотность и рацион питания массовых видов рыб-планктофагов по этапам исследований показаны в таблице 3. Состав и рацион рыб с изобат 3–20 м на участках 3 и 4 приведены по литературным данным, основанным на траловых съёмках молоди в этих же районах побережья о. Сахалин в 1990-х гг. (Иванков и др., 1999).

Молодь кеты и горбуши рыб в прибрежных водах начинает активное питание, переходя постепенно от доступных ей мелких малоподвижных объектов (личинки и имаго воздушных насекомых, падающих на водную поверхность) близ устья рек к зоосестону по мере удаления от них. Спектр питания включал практически все доступные виды зоосестона, главным образом, копепод, ветвистоусых раков, гарпактицид, амфипод, а также личинок полихет, усоногих раков, икру и личинок рыб. Отмечена устойчивая тенденция — с отходом от устья реки и увеличением размеров рыб, в рационе молоди увеличивается доля зоопланктона (практически до 100%) и снижается доля некто-бентической составляющей, что согласуется с имеющимися литературными данными (Иванков и др., 1999; Шунтов, Темных, 2008).

В июне–июле 2017 г. на участке 1 в уловах отмечено 30 видов рыб. Основу

Таблица 3. Плотность рыб-планктофагов и их рацион в морском побережье

Показатель	N_i , экз./м ²			R_i , кал сест./жел.		
Этап	I	II	III	I	II	III
Год / Участок / Диапазон глубин, м	2017 / 1 / 0–20					
<i>Clupea pallasii</i>	0,00600	0,00600	0,00600	982,50	982,50	982,50
<i>Osmeridae indet.</i>	0,03400	0,03400	0,03400	305,00	305,00	305,00
<i>Hypomesus japonicus</i>	0,02100	0,02100	0,02100	340,00	340,00	340,00
<i>Salangichthys microdon</i>	0,00002	0,00002	0,00002	20,90	20,90	20,90
<i>Oncorhynchus keta</i> , покотники	0,11000	0,11000	0,11000	348,00	348,00	348,00
<i>O. gorbuscha</i> , покотники	0,09100	0,09100	0,09100	273,60	273,60	273,60
Год / Участок / Диапазон глубин, м	2018 / 2 / 0–20					
<i>Clupea pallasii</i>	0	0	0,00020	0	0	0
<i>Hypomesus japonicus</i>	0,00005	0	0,03950	32,70	0	32,70
<i>Mallotus villosus</i>	0,01830	0	0,00050	0	0	0
<i>Salangichthys microdon</i>	0,00010	0	0,00010	0	0	0
<i>Gasterosteus</i> sp.	0	0,0066	0	0	0	0
<i>Ammodytes hexapterus</i>	0,00060	0,0011	0	44,10	44,10	0
<i>Hypoptychus dybowski</i>	0,00020	0,0001	0,00030	79,70	79,70	79,70
<i>Oncorhynchus keta</i> , покотники	0,03000	0,03000	0,03000	152,10	152,10	152,10
<i>O. gorbuscha</i> , покотники	0,83700	0,83700	0,83700	29,90	29,90	29,90
Год / Участок / Диапазон глубин, м	2019 / 3 / 0–3					
<i>Clupea pallasii</i>	0,05000	0,13100	0,00150	90,50	90,50	90,50
<i>Hypomesus japonicus</i>	0,20100	0,41900	0,03200	66,80	255,00	279,00
<i>Oncorhynchus keta</i> , покотники	0,00170	0,00120	0,00010	30,00	19,00	37,00
<i>O. gorbuscha</i> , покотники	0,05660	0,00690	0,00380	13,00	24,00	40,00
Год / Участок / Диапазон глубин, м	2019 / 3 / 3–20 (по: Иванков и др., 1999)					
<i>Clupea pallasii</i>	0,00001	0,00001	0,00001	0	22,20	22,20
<i>Osmeridae indet.</i>	0,00444	0,00444	0,00444	0,90	3,60	0,40
<i>Hemilepidotus papilio</i>	0,00040	0,00040	0,00040	3,50	8,02	5,70
<i>Pungitius pungitius</i>	0,00001	0,00001	0,00001	34,10	77,80	55,30
<i>Gasterosteus</i> sp.	0,00110	0,00110	0,00110	105,00	240,00	170,00
<i>Ammodytes hexapterus</i>	0,00010	0,00010	0,00010	56,00	128,00	91,00
<i>Oncorhynchus keta</i> , покотники	0,00100	0,00100	0,00100	34,00	58,00	56,00
<i>O. gorbuscha</i> , покотники	0,00400	0,00400	0,00400	24,50	25,00	54,00

Показатель	Ni , экз./м ²			Ri , кал сест./жел.		
Этап	I	II	III	I	II	III
Год / Участок / Диапазон глубин, м	2020 / 4 / 0–3					
<i>Eleginus gracilis</i>	0,00600	0	0,09000	55,24	0	55,24
<i>Hypomesus japonicus</i>	0,00100	0	0,02200	152,52	0	152,52
<i>Ammodytes hexapterus</i>	0,00200	0	0	17,95	0	0
<i>Osmerus dentex</i>	0	0	0,19300	0	0	64,22
<i>Oncorhynchus keta</i> , покатики	0,00310	0,0031	0,00310	14,56	45,85	122,34
<i>O. gorbuscha</i> , покатики	0,03170	0,0317	0,0317	5,68	5,68	5,68
Год / Участок / Диапазон глубин, м	2020 / 4 / 3–20 (по: Иванков и др., 1999)					
<i>Clupea pallasii</i>	0,00001	0,00001	0,00001	22,21	22,21	22,21
<i>Osmeridae indet.</i>	0,00444	0,00444	0,00444	0,94	3,62	0,44
<i>Hemilepidotus papilio</i>	0,00040	0,00040	0,00040	3,52	8,02	5,70
<i>Pungitius pungitius</i>	0,00001	0,00001	0,00001	34,15	77,84	55,27
<i>Gasterosteus</i> sp.	0,00110	0,00110	0,00110	105,07	239,52	170,05
<i>Ammodytes hexapterus</i>	0,00010	0,00010	0,00010	55,98	127,6	90,59
<i>Oncorhynchus keta</i> , покатики	0,00040	0,00040	0,00040	34,00	58,00	56,00
<i>O. gorbuscha</i> , покатики	0,00180	0,00180	0,00180	24,76	24,76	24,76

ихтиомассы слагали зубастая корюшка *Osmerus dentex* (21,1%), навага *Eleginus gracilis* (22,0%), мойва *Mallotus villosus* (11,7%), крупночешуйная краснопёрка *Tribolodon hakonensis* (19,5%) и морская малоротая корюшка *Hypomesus japonicus* (17,1%). Среди 4 видов-планктофагов основную конкуренцию молодежи лососей составляли неопределенная до вида молодь корюшек и морская малоротая корюшка (табл. 3).

У юго-восточного побережья зал. Анива (участок 2) в мае преобладала мойва (98,5% общей биомассы). На втором этапе работ основу численности (64,0%) и биомассы (88,2%) рыб в уловах составляла крупночешуйная краснопёрка, на третьем — морская малоротая корюшка (40,7% биомассы). Эти весенне-нерестующие виды в целом

формировали около 85% биомассы рыб за период исследований. Среди 37 отмеченных в уловах видов рыб сходный с молодью лососей тип питания организмами зоосестона отличал тихоокеанскую песчанку, короткопёрую песчанку и морскую малоротую корюшку, рацион которых отражен в таблице 3.

В прибрежье участка 3 по численности и биомассе лидировали навага (58,7 и 56,7%, соответственно) и морская малоротая корюшка (19,5 и 16,9%, соответственно), формировавшие крупные скопления в начале июня. На третьем месте по численности (5,2%) была тихоокеанская сельдь, особенно с мая по начало июня, а по биомассе (8,6%) — крупночешуйная краснопёрка, которая появилась в прибрежье в конце июня и достигла максимальных плотности и биомассы

к июлю. Среди всего многообразия рыб на данном участке (30 видов отмечены в уловах) по результатам анализ питания основными конкурентами молоди лососей в прибрежье являлись тихоокеанская сельдь и морская малоротая корюшка; их спектр питания в значительной мере совпадал. Итоговые величины рациона показаны в таблице 3.

К особенностям участка 4 следует отнести отсутствие в обследованном прибрежье массовых подходов весенне-нерестующих видов рыб (мойвы, морской малоротой корюшки), характерных для песчано-галечных грунтов юго-восточного побережья в мае-июне. За период работ по численности преобладали зубастая корюшка (51,0%) и навага (25,5%). При этом численность зубастой корюшки и наваги достигала максимальных значений в июле. По биомассе наиболее значимы были крупночешуйная краснопёрка (40,4%) и навага (21,3%). Основными конкурентами молоди лососей в прибрежье среди 19 отмеченных в уловах видов рыб являются морская малоротая и азиатская зубастая корюшки, тихоокеанская песчанка и дальневосточная навага; их спектр питания в значительной степени включает организмы зоосестона. Именно их рацион был учтен при расчетах приёмной ёмкости среды в прибрежье (табл. 3).

Исходные данные для расчетов по плотности рыб-планктофагов по участкам приведены в таблице 3.

Кормовая база планктоядных рыб. Различия в гидрологическом режиме модельных участков обусловили значительную вариабельность динамики биомассы зоосестона и составляющих его групп (рис. 3). На участке 1 весной зоосестон имеет преимущественно копеподный облик с доминированием представителей родов *Acartia*, *Pseudocalanus*,

Oithona различных возрастных стадий. В конце фенологической весны (1-я и 2-я декады июня) в прибрежье отмечено появление массы планктонных личинок бентических беспозвоночных и размножение эвфаузиид. Практически всеми этими организмами питается молодь кеты и горбуши, а также другие планктоядные рыбы.

На участке 2 наблюдали несколько изменений в видовой структуре зоосестона. Первое, во второй декаде мая, было связано с активным нерестом и развитием личиночных стадий эвфаузиид. В прибрежье в это время их биомасса составляла 1,079 г/м³. Второе изменение наблюдали в третьей декаде мая — первой декаде июня. Оно было связано со значительным снижением доли эвфаузиид, развитием прибрежных видов копепод и размножением бентосных групп, имеющих в онтогенезе планктонные личиночные стадии. Третье изменение связано с увеличением количества морских эпипелагических холодноводных видов копепод в первой декаде июня.

На участке 3 плотность и биомасса зоосестона варьировали в широких пределах. Наибольшая амплитуда, как численности, так и биомассы, была характерна для мелководной зоны при несовпадении кривых плотности зоосестона с ходом температуры вод. Определяющее воздействие на состав и биомассу зоосестона оказывают волновое перемешивание, поднимающее организмы бентоса во взвесь, естественные суточные миграции нектобентических организмов, и нерест тихоокеанской сельди *Clupea pallasii*, обусловившие рост биомассы в первую декаду июня до 0,448 г/м³. Пик биомассы пришелся на вторую декаду июня (0,466 г/м³), был сформирован в основном меропланктоном, и, в первую очередь,

личинками полихет и усоногих раков. Для меропланктона были также обычны свободноплавающие стадии пара-

зитических монстриллид Monstrilloidea и различные, в основном мелкие, медузы Hydrozoa.

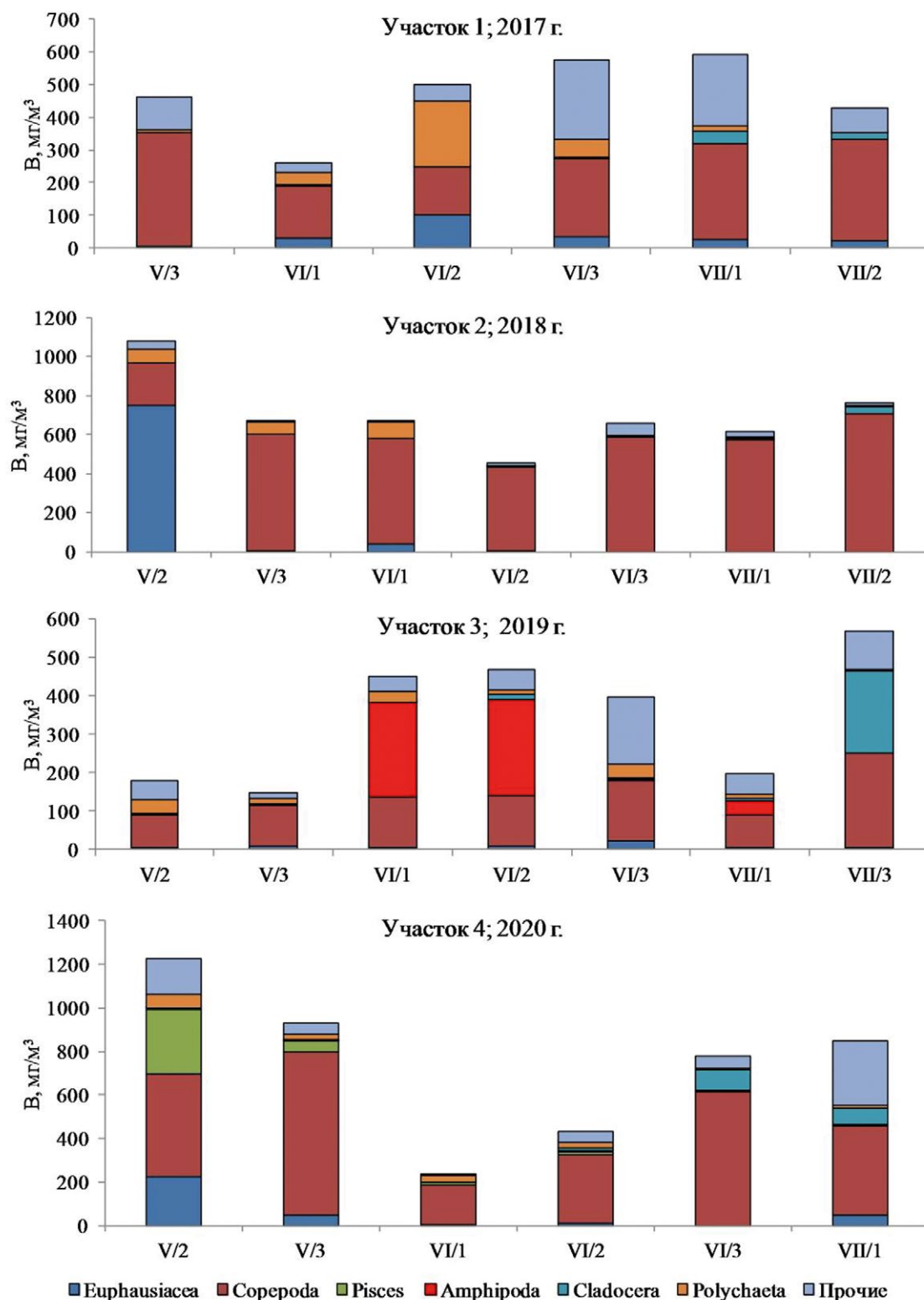


Рис. 4. Динамика биомассы зоосистона ($B, \text{мг/м}^3$) по выделенным участкам; обозначение Pisces относится к икре и личинкам рыб (ихтиопланктон)

На участке 4 кривая биомассы не совпадала с ходом температуры. На данном участке решающее воздействие оказывали другие факторы — волновое перемешивание, поднимающее организмы бентоса во взвесь, естественные суточные миграции нектобентических организмов, нерест минтая и сезонные сукцессии сообществ. Как на мелководье, так и в мористой части побережья в первую половину июня отмечен минимум биомассы зоосестона, связанный с перестройкой сообщества с весеннего на летнее ($0,238 \text{ г/м}^3$). Пик биомассы ($1,225 \text{ г/м}^3$), отмеченный во второй половине мая, был сформирован в побережье в основном личинками эвфаузиид, а в мористой части, кроме них, существенную роль играли копеподы рода *Acartia* и икра северной камбалы.

В среднем за период с середины мая по середину июля биомасса кормового зоосестона, включающего личинок полихет, ветвистоусых, веслоногих и разноногих раков, эвфаузиид, икры и личинок рыб, изменялась от 273 до 676 мг/м^3 .

Расчёт приёмной ёмкости для молоди лососевых. Расчёты приёмной ёмкости по участкам приведены в таблице 4. В целом в северной части зал. Анива (участок 1), приёмная ёмкость составила для покатников кеты 335 млн шт., для покатников горбуши — 426 млн шт. С учётом общей продолжительности периодов подъёма холодных вод ($1/2$ от всего периода нагула молоди в побережье) во время апвеллингов, приёмная ёмкость на всей акватории прибрежной зоны юго-восточной части зал. Анива (участок 2) соответствует для покатников кеты 78,3 млн шт., для покатников горбуши — 398,3 млн шт. На участке 3 над глубинами 0–3 м с середины мая по начало июля приёмная ёмкость для мальков кеты составляет

около 138,7 млн шт., для мальков горбуши — около 129,2 млн шт.; над изобатами 3–20 м — 212,2 млн шт. кеты или 337,4 млн шт. горбуши. Лимитирующими на данном участке возможный выпуск молоди с ЛРЗ являются величины для мелководной «лагуны» в пределах изобат 0–3 м. Приёмная ёмкость акватории юго-восточного побережья на участке 4 над глубинами 0–3 м равна около 18,2 млн шт. покатников кеты, для покатников горбуши — около 67,2 млн шт.; над изобатами 3–20 м — 622 млн шт. кеты либо 1221,4 млн шт. горбуши. Как и на участке 3, на участке 4 возможный выпуск молоди кеты и горбуши с ЛРЗ лимитируется возможностями мелководной прогреваемой зоны над изобатами 0–3 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приёмная ёмкость среды для молоди кеты и горбуши в побережье юго-восточного Сахалина и в зал. Анива определяется сочетанием лимитирующих гидрологических факторов (температура воды) и наличием резерва кормовых организмов сестона. Ограничение по температуре воды определяется положением нижней границы комфортного слоя (выше $5\text{--}6^\circ\text{C}$) и резкими понижениями температуры воды при отжимных ветрах.

Спектр питания молоди кеты и горбуши включал практически все доступные виды зоосестона, кроме крупных ракообразных, щетинкочелюстных и желетелого планктона. С отходом от устья реки и увеличением размеров покатников, в рационе молоди увеличивается доля зоопланктона практически до 100%.

В период прибрежного нагула молоди кеты и горбуши наиболее массовыми видами ихтиофауны являются навага, морская малоротая корюшка и крупно-

Таблица 4. Расчёт приёмной ёмкости для горбуши и кеты по участкам

Показатель		I этап	II этап	III этап
Участок 1 (2017 г., 0–20 м)				
<i>P</i> сест. комфорт. слоя, кал/м ² * сутки		108,515	125,07	171,27
<i>P</i> изъят., кал/м ² * сутки		86,6	86,6	86,6
<i>P</i> сест. резерв., кал/м ² * сутки/ <i>k</i> ₂		8,8	15,4	33,9
<i>R</i> _{аи} , кал сест./жел.	<i>Oncorhynchus keta</i> , покятники	34,8	34,8	34,8
	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> , покятники	27,36	27,36	27,36
<i>S</i> , км ²		200,8	200,8	200,8
<i>N</i> _{объекта корм.} , экз.	<i>N</i> _{кеты корм.} , экз./м ²	0,3	0,4	1,0
	<i>N</i> _{горбуши корм.} , экз./м ²	0,3	0,6	1,2
	<i>N</i> _{кеты корм.} , экз. с акватории	50636989	88846690	195478414
	<i>N</i> _{горбуши корм.} , экз. с акватории	64406696	113006755	248634825
Участок 2 (2018 г., 0–20 м)				
<i>P</i> сест. комфорт. слоя, кал/м ² * сутки		329,0	123,3	291,6
<i>P</i> изъят., кал/м ² * сутки		29,6	29,6	30,9
<i>P</i> сест. резерв., кал/м ² * сутки/ <i>k</i> ₂		119,7	37,5	104,3
<i>R</i> _{аи} , кал сест./жел.	<i>Oncorhynchus keta</i> , покятники	152,1	152,1	152,1
	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> , покятники	29,9	29,9	29,9
<i>S</i> , км ²		91,1	91,1	91,1
<i>N</i> _{объекта корм.} , экз.	<i>N</i> _{кеты корм.} , экз./м ² *	0,39	0,12	0,34
	<i>N</i> _{горбуши корм.} , экз./м ² *	2,00	0,63	1,74
	<i>N</i> _{кеты корм.} , экз. с акватории	35859020	11218297	31223162
	<i>N</i> _{горбуши корм.} , экз. с акватории	182413278	57066990	158830870
Участок 3 (2019 г., 0–3 м)				
<i>P</i> сест., кал/м ² * сутки		84,39	527,92	24,67
<i>P</i> изъят., кал/м ² * сутки		18,74	118,89	9,22
<i>P</i> сест. резерв., кал/м ² * сутки/ <i>k</i> ₂		26,3	163,6	6,2
<i>R</i> _{аи} , кал сест./жел.	<i>Oncorhynchus keta</i> , покятники	30	19	37
	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> , покятники	13	24	40
<i>S</i> , км ²		14,37	14,37	14,37
<i>N</i> _{объекта корм.} , экз.	<i>N</i> _{кеты корм.} , экз./м ²	0,88	8,61	0,17
	<i>N</i> _{горбуши корм.} , экз./м ²	2,02	6,82	0,15
	<i>N</i> _{кеты корм.} , экз. с акватории	12578540	123742339	2400178
	<i>N</i> _{горбуши корм.} , экз. с акватории	29027400	97962685	2220165

Показатель		I этап	II этап	III этап
Участок 3 (2019 г., 3–20 м)				
Р сест., кал/м ² * сутки		40,37	68,18	62,51
Р изъят., кал/м ² * сутки		0,26	0,45	0,47
Р сест. резерв., кал/м ² * сутки/ k_2		16,0	27,1	24,8
R _{ар} , кал сест./жел.	<i>Oncorhynchus keta</i> , покотники	34	58	56
	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> , покотники	24,5	25	54
S, км ²		153,5	153,5	153,5
N _{объекта корм.} , экз.	N _{кеты корм.} , экз./м ²	0,47	0,47	0,44
	N _{горбуши корм.} , экз./м ²	0,65	1,08	0,46
	N _{кеты корм.} , экз. с акватории	72433941	71700379	68022429
	N _{горбуши корм.} , экз. с акватории	100520571	166344880	70541778
Участок 4 (2020 г., 0–3 м)				
Р сест., кал/м ² * сутки		33,697	17,458	27,71
Р изъят., кал/м ² * сутки		0,75	0,32	21,28
Р сест. резерв., кал/м ² * сутки/ k_2		13,2	6,9	2,6
R _{ар} , кал сест./жел.	<i>Oncorhynchus keta</i> , покотники	14,56	45,85	122,34
	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> , покотники	5,68	5,68	5,68
S, км ²		16,89	16,89	16,89
N _{объекта корм.} , экз.	N _{кеты корм.} , экз./м ²	0,91	0,15	0,02
	N _{горбуши корм.} , экз./м ²	2,32	1,21	0,45
	N _{кеты корм.} , экз. с акватории	15287770	2525285	355085
	N _{горбуши корм.} , экз. с акватории	39188368	20384565	7648077
Участок 4 (2020 г., 3–20 м)				
Р сест., кал/м ² * сутки		143,632	159,116	273,449
Р изъят., кал/м ² * сутки		0,19	0,36	0,27
Р сест. резерв., кал/м ² * сутки/ k_2		57,4	63,5	109,3
R _{ар} , кал сест./жел.	<i>Oncorhynchus keta</i> , покотники	34	58	56
	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> , покотники	24,76	24,76	24,76
S, км ²		131,4	131,4	131,4
N _{объекта корм.} , экз.	N _{кеты корм.} , экз./м ²	1,69	1,09	1,95
	N _{горбуши корм.} , экз./м ²	2,32	2,56	4,41
	N _{кеты корм.} , экз. с акватории	221744456	143865782	256398004
	N _{горбуши корм.} , экз. с акватории	304495619	337003851	579898556

чешуйная краснопёрка. На обширных песчаных побережьях к ним добавляется зубастая корюшка и, иногда, мойва. Конкуренцию за пищевые ресурсы для молоди лососей составляет ограниченное количество видов, преимущественно, морская малоротая корюшка, тихоокеанская и короткопёрая песчанки.

Средняя биомасса кормового для молоди кеты и горбуши зоосестона с середины мая по середину июля изменялась по участкам от 273 мг/м³ до 676 мг/м³.

Приёмная ёмкость изменялась от 18 млн шт. молоди кеты или 67 млн шт. молоди горбуши на участке песчаного побережья юго-восточного Сахалина у впадения р. Дудинка до 335 млн шт. кеты или 426 млн шт. горбуши у юго-восточного побережья зал. Анива. Данные получены по результатам односезонного мониторинга для каждого участка, поэтому являются весьма приблизительными. Эти данные могут служить ориентировочными для последующих расчётов и нуждаются в обязательном уточнении по результатам многолетнего мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 152 с.

Борисов Б.М., Волков А.Ф., Горбатенко К.М., Коваль М.В., Шершнева В.И. Стандартные таблицы сырых весов и некоторых энергетических характеристик (калорийность, жиры, белки, углеводы, минеральный остаток) зоопланктона дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 138. С. 355–367.

Иванков В.Н., Андреева В.В., Тяпкина Н.В., Рухлов Ф.Н., Фадеева Н.П. Биология и кормовая база тихоокеанских лососей в ранний морской период жизни. Владивосток: ДВГУ, 1999. 260 с.

Волков А.Ф. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию nektona (поша-

говые инструкции) // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 154. С. 405–416.

Карпенко В.И., Андриевская Л.Д., Коваль М.В. Питание и особенности роста тихоокеанских лососей в морских водах. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. 303 с.

Карпенко В.И., Коваленко М.Н., Василец П.М. и др. Методика морских исследований тихоокеанских лососей: Методическое пособие. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 1997. 64 с.

Леванидов В.Я. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура // Изв. ТИНРО. 1969. Т. 67. 242 с.

Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам / Приложение к приказу Росрыболовства от 25.11.2011 №1166. 78 с.

Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 254 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГОСНИОРХ, 1984. 33 с.

Орлов А.И. Прикладная статистика. М.: Экзамен, 2006. 672 с.

Расс Т.С. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 44 с.

Рекомендации по сбору и обработке ихтиопланктона зоны течения Куроисио. Владивосток: ТИНРО, 1987. 70 с.

Чучукало В.И., Напазаков В.В. К методике определения суточных рационов питания и скорости переваривания пищи у хищных и бентосоядных рыб // Изв. ТИНРО. 1999. Т. 126. Ч. 1. С. 160–171.

Шевченко Г.В., Кириллов К.В. Вариации температуры воды у побережья о. Сахалин по данным инструментальных измерений // Метеорология и гидрология. 2017. № 3. С. 68–78.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Том 1. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. 482 с.

DYNAMICS OF ABUNDANCE

**ESTIMATION OF RECEPTION CAPACITY OF THE COASTAL
WATER OF ANIVA BAY AND SOUTH-EASTERN SAKHALIN (SEA
OF OKHOTSK) FOR JUVENILE OF CHUM AND PINK SALMONS**

© 2021 y. V.S. Labay, G.V. Shevchenko, I.A. Atamanova, D.S. Zavarzin,
O.N. Moukhametova, N.K. Zavarzina, A.A. Zhivoglyadov, T.S. Shpilko,
E.S. Korneev

*Sakhalin branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Yuzhno-Sahalinsk., 693023
E-mail: v.labaj@yandex.ru*

The hydrological characteristics of the coastal area are described in four areas: 1) the northern part of Aniva Bay — Lososy Bay, 2) the southeastern part of Aniva Bay, 3) stone-rocky coast of southeastern Sakhalin and 4) open sandy coast of southeastern Sakhalin on the results research in 2017–2020. The stage-by-stage (from the second decade of May to the first decade of July) variability of the structure and production parameters of zooseston was analyzed. The variability of the coastal ichthyofauna and the feeding of planktophagous fish are described. The calculation of the receiving capacity for smolts of Pacific salmon (pink salmon and chum salmon) has been made. In the northern part of Aniva Bay (section 1), the receiving capacity for smolts of chum salmon is estimated as 335 million units, for smolts of pink salmon as 426 million units. The receiving capacity of the southeastern part of Aniva Bay for smolts of chum salmon is estimated as 78.3 million units, for smolts of pink salmon as 398.3 million units. The receiving capacity in section 3 above a depth of 0–3 m for smolts of chum salmon is about of 138.7 million units, for smolts of pink salmon about of 129. million units. The receiving capacity in section 4 above a depth of 0–3 m is about of 18.2 million smolts of chum salmon and about of 67.2 million smolts of pink salmon.

Keywords: chum salmon *Oncorhynchus keta*, pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha*, receiving capacity, hydrology, zooseston, ichthyofauna, planktophagous fish.