

**ИЗМЕНЕНИЯ БИОМАССЫ НЕКТОНА И МАКРОПЛАНКТОНА
В ТЕЧЕНИЕ СУТОК (ДЕНЬ/НОЧЬ) В ПЕРИОД ПРЕДАНАДРОМНЫХ МИГРАЦИЙ
ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА
В 2004–2020 ГГ.**

П.Г. Милованкин*

Приморский филиал ФГБУ «ВНИИКР»,
690014, г. Владивосток, Народный проспект, 4

Аннотация. Рассматриваются изменения биомассы таксонов траловой макрофауны в течение суток в верхней эпипелагиали северо-западной части Тихого океана. Использована информация из баз данных «Морская биология» № в гос. реестре 0220006765, а также полученная в рейсах на НИС «Профессор Кагановский», «Профессор Леванидов» и «ТИНРО» в период преданадромных миграций тихоокеанских лососей в мае-июле 2004–2020 гг. в количестве 1471 траления на акватории площадью более 1 млн км². Установлено, что период лет 2004–2013 гг. это «досардиновая эпоха», а с 2014 г. — очередная «сардиновая эпоха». Средняя температура поверхности воды была выше в «досардиновую эпоху» чем в «сардиновую эпоху» — 7,2 °С против 7,1 °С. В ночное время (19:00–07:00) увеличивается среднее количество таксонов в улове, уменьшаются индекс Симпсона и средние размеры тела. Только 5 из 140 таксонов не меняют свою удельную биомассу в течение суток: *Aequorea* sp., *Chrysaora melanaster*, *Oncorhynchus gorbusha*, *O. keta* и *Phacellophora camtschatica*. Никогда не встречаются в дневных уловах следующие 16 таксонов: *Benthalbella dentata*, *Ceratoscopelus warmingii*, *Diaphus theta*, *Icichthys lockingtoni*, *Lipolagus ochotensis*, *Notoscopelus japonicus*, *Tarletonbeania crenularis*, *Trachipterus ishikawae*, *Lampanyctus jordani*, *Desmodema lorum*, *Nemichthys scolopaceus*, *Stenobranchius leucopsarus*, *Symbolophorus californiensis*, *Arctozenus risso*, *Leuroglossus schmidtii*, *Chiroteuthis calyx*.

Ключевые слова: СЗТО, верхняя эпипелагиль, суточная динамика, нектон, макропланктон

Для цитирования: Милованкин П.Г. Изменения биомассы нектона и макропланктона в течение суток (день/ночь) в период преданадромных миграций тихоокеанских лососей в северо-западной части Тихого океана в 2004–2020 гг. // Бюл. № 16 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 2022. — С. 79–87. DOI: 10.26428/losos_bull16-2022-79-87.

**Changes in the biomass of necton and macroplankton during the day (day/night)
during the period of pre-airfield migrations of pacific salmon in the northwestern Pacific Ocean
in 2004–2020**

Pavel G. Milovankin

Primorsky branch of VNIKR, 4, Narodny Prospekt, Vladivostok, 690014, Russia
agronomist, academkin@mail.ru

Abstract. This article discusses changes in the biomass of taxa of trawl macrofauna during the day in the upper epipelagial of the northwestern Pacific Ocean. Information from the database «Marine Biology» No. 0220006765 in the state register was used, flights to the NIS «Professor Kaganovsky», NIS «Professor Levandov» and NIS «TINRO» during the pre-airfield migrations of Pacific salmon in May-July 2004–2020 in the amount of 1,471 trawls in the water area of more than 1 million km². It has been established that the period of years 2004–2013 is the «pre-sardine epoch», and since 2014 — the next «sardine epoch». The average water surface temperature was higher in the «pre-sardine epoch» than in the «sardine epoch» 7.2 °C versus 7.1 °C. At night (19–07 hours), the average number of taxons in the catch increases, the Simpson index and average body sizes decrease. Only 5 out of 140 taxa do not change their specific biomass during the day: *Aequorea* sp., *Chrysaora melanaster*, *Oncorhynchus gorbusha*, *O. keta* и *Phacellophora camtschatica*. The following 16 taxa are never found in daytime catches: *Benthalbella dentata*, *Ceratoscopelus*

* Милованкин Павел Геннадьевич, агроном, academkin@mail.ru, ORCID 0000-0002-9628-935X.

warmingii, *Diaphus theta*, *Ichthyos lockingtoni*, *Lipolagus ochotensis*, *Notoscopelus japonicus*, *Tarletonbeania crenularis*, *Trachipterus ishikawae*, *Lampanyctus jordani*, *Desmodema lorum*, *Nemichthys scolopaceus*, *Stenobranchius leucopsarus*, *Symbolophorus californiensis*, *Arctozenus risso*, *Leuroglossus schmidt*, *Chiroteuthis calyx*.

Keywords: northwest Pacific, upper epipelagial, diurnal dynamics, nection, macroplankton

For citation: Milovankin P.G. Changes in the biomass of nection and macroplankton during the day (day/night) during the period of pre-airfield migrations of pacific salmon in the northwestern Pacific Ocean in 2004–2020, in *Byull. N 16 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 16 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO, 2022, pp. 79–87. (In Russ.). DOI: 10.26428/losos_bull16-2022-79-87.

Введение

Эта работа представляет собой обработку части базы данных (БД) «Морская биология» № в гос. реестре 0220006765. Использована информация, полученная на НИС «Профессор Кагановский», «Профессор Леванидов» и «ТИНРО» во время комплексных траловых съемок верхней эпипелагиали северо-западной части Тихого океана, с мая по июль 2004–2020 гг. было выполнено 1471 траление на акватории площадью более 1 млн км² (рис. 1).

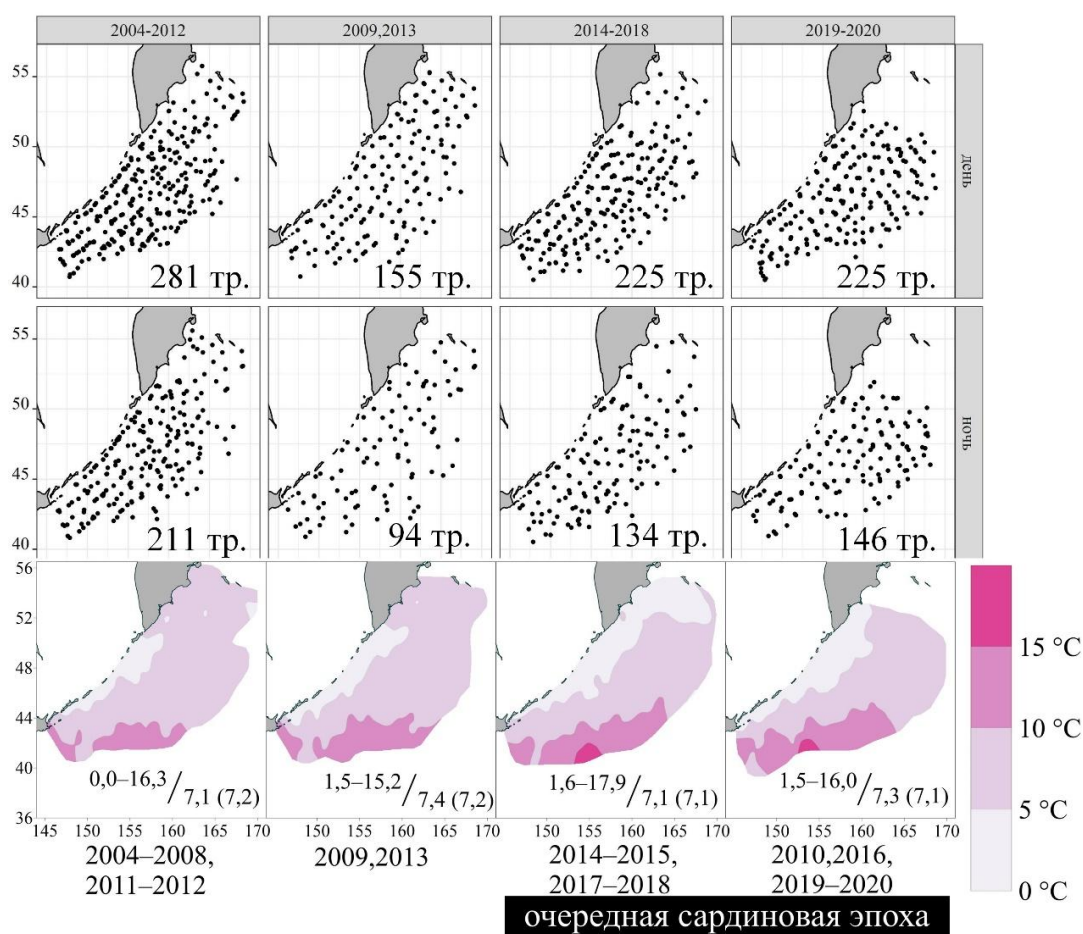


Рис. 1. Карта-схема 1471 траления в верхней эпипелагиали СЗТО в мае-июле 2004–2020 гг. Справа обозначена поверхностная температура воды: в числителе указана минимальная–максимальная, в знаменателе — средняя, в скобках указана средняя температура воды, пересчитанная на одинаковую площадь

Fig. 1. Map-diagram of 1471 trawling in the upper epipelagial of the northwestern Pacific in May-July 2004–2020. On the right shows the surface temperature. The numerator indicates the minimum–the maximum, the denominator — the average, the average water temperature is indicated in parentheses, recalculated by the same area

Экспедиции были ориентированы на количественный учет тихоокеанских лососей, совершающих преданадромные миграции в прикурильских водах Тихого океана в пределах и за пределами ИЭЗ РФ. Приоритетной задачей ранних летних траловых съемок в СЗТО являлась оценка масштабов подходов горбуши различных стад в бассейн Охотского моря. Помимо основных объ-

ектов исследований, экспедиции собирают данные по другим видам гидробионтов, временно или постоянно населяющих слой верхней эпипелагиали обследованных районов, в частности дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus*, японской скумбрии *Scomber japonicus*, тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus* и др. Во всех экспедициях выполняли зондирование толщи воды до глубины 1000 м.

Целью данной работы было обобщить материалы всех летних экспедиций в верхней эпипелагиали СЗТО за 2004–2020 гг. и выявить суточные изменения в биомассе nekтона и макропланктона в связи с появлением высокоурожайных поколений сардины и скумбрии.

Материалы и методы

Съемки, проведены по стандартной методике, неоднократно подробно освещенной в печати [Волвенко, 1998; Атлас..., 2005; Хоружий, 2011; Хоружий и др., 2013, 2015; Ivanov, Khoruzhiy, 2019; Волков, 2020], и в идентичные сроки. Все показатели, связанные с количественной оценкой гидробионтов, приведены по стандартным биостатистическим районам [Волвенко, 2003], подсчет биомасс производился с использованием площадного метода расчета [Аксютин, 1968] и коэффициента уловистости трала для каждого вида nekтона [Макрофауна..., 2011] по формуле

$$\frac{N(M)}{A} \cdot \frac{1}{k} = \frac{N(M)}{1,852 \cdot v \cdot t \cdot 0,001 \cdot a \cdot k'}$$

где $N(M)$ — число, экз. (масса рыб в улове, кг); A — площадь, обловленная во время траления, км²; v — скорость траления, уз; t — продолжительность траления, час; a — горизонтальное раскрытие устья трала, м; k — коэффициент уловистости трала ($0 < k < 1$); 1,852 — число километров в морской миле; 0,001 — число километров в метре.

Итоговая биомасса гидробионтов рассчитывалась по формуле

$$B = \frac{Q \cdot Sq}{1000000},$$

где B — биомасса вида, тыс. т; Q — средняя плотность распределения вида в пределах исследуемого района, кг/км²; Sq — площадь района, км².

Расчеты, построение рисунков выполнены в R 3.6.1 [<https://www.R-project.org/>].

Ночные уловы не пересчитаны. Таксономия приведена согласно траловым карточкам и проверена по World Register of Marine Species WORMS [<http://www.marinespecies.org>].

В качестве индикатора доминирования одного или нескольких видов использован индекс разнообразия Симпсона [Simpson, 1949] в трактовке В.К. Шитикова с соавторами [2003, с. 168, формула 4.11]:

$$C = \sum (n_i/N)^2,$$

где n_i — оценка значимости каждого вида (биомасса); N — сумма оценок значимостей. Поскольку при возведении в квадрат малых отношений n_i/N получаются очень малые величины, индекс Симпсона тем больше, чем сильнее доминирование одного или нескольких видов. Он очень чувствителен к присутствию в выборке наиболее обильных видов, но слабо зависит от видового богатства [География..., 2002].

Для анализа размерной структуры сообществ использовался индекс разности выравнинностей [Denisenko, 2004] D_e (difference of the evenness) в трактовке В.К. Шитикова и Л.В. Головатюка [2013, с. 90] с небольшой модификацией:

$$D_e = -1 \cdot (J_b - J_a) = -1 \cdot \left(\frac{H_b - H_a}{\log_2 S} \right),$$

где $J = \frac{H}{\log_2 S}$ — индекс видовой выравнинности Пielу рассчитанный по J_a численности и J_b биомассе; $H = -\sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \cdot \log_2 \frac{n_i}{N} \right)$ — энтропия Шеннона; S — число видов. Показатель варьирует от -1 (преобладание относительно мелких видов) до $+1$ (преобладание относительно крупных видов), близкие к 0 зна-

чения указывают на смешанную размерную структуру с доминированием как крупных, так и мелких форм организмов.

Выравненность видов рассчитывали через индекс Макинтоша [Шитиков, Розенберг, 2005, с. 102]:

$$E = \frac{N - \sqrt{\sum n_i^2}}{N - N/\sqrt{S}}.$$

По данным 1471 измерения поверхностной температуры воды были построены 4 осреднённые карты (grid) (взято среднеарифметическое). На рис. 1 хорошо видно, что в более тёплые периоды (2014–2020 гг.) наблюдается более широкое проникновение в Тихий океан холодной (0–5 °С) воды из Охотского моря, чем в более холодные (2004–2013 гг.). При этом средняя температура поверхности воды была выше в «досардиновую эпоху», чем в «сардиновую» — 7,2 °С против 7,1 °С.

Результаты и их обсуждение

В период исследований (май-июль 2004–2020 гг.) в верхнем эпипелагиали СЗТО зарегистрировано 140 таксонов траловой макрофауны, 86 таксонов относятся к классу лучеперых рыб (Actinopterygii), 4 таксона относятся к инфраклассу хрящевых рыб (Elasmobranchii), по 15 таксонов медуз и 25 таксонов головоногих моллюсков.

На рис. 2 хорошо видно, что величина удельной биомассы отдельных таксонов в уловах изменяется на девять порядков, а уловов всего на пять. Суточный тренд изменения удельной биомассы таксонов имеет слабую положительную тенденцию в районе 10–16 часов. Суточный тренд изменения удельной биомассы уловов имеет хорошо выраженный отрицательный тренд в районе 6–20 часов. Удельная биомасса таксонов чуть выше днём, чем ночью, а уловы значительно выше ночью, а не днём. Можно сказать, что средняя удельная биомасса таксонов чуть больше 0,01 т/км², средняя удельная биомасса уловов около 1,0 т/км² (рис. 2).

Среднее количество таксонов в улове резко возрастает к 23:00, в дневное время — с 07:00 до 18:00 — не меняется.

Доминирование отдельных видов согласно индексу Симпсона повторяет с точностью до наоборот ход тренда изменения количества таксонов в улове. В дневное время индекс Симпсона имеет линейную тенденцию и только ночью сильно понижается.

Выравненность видов по обилию не имеет выраженной суточной изменчивости.

Согласно индексу разности выравненностей (De) в ночное время (с 21 до 05) наблюдается не-большое уменьшение размеров нектона и макропланктона, связанное с ночной миграцией к поверхности обитателей мезопелагиали (рис. 2).

В процессе анализа стало понятно, что ранее представленное [Милованкин, 2020] деление годов с 2004 по 2020 г. на 4 периода лет (2004–2012; 2009, 2013; 2014–2018 и 2019–2020) можно сократить до двух эпох: «досардиновая эпоха» и очередная «сардиновая эпоха». В «досардиновую эпоху» входят два периода лет — 2004–2012 и 2009, 2013. В «сардиновую эпоху» входят периоды лет — 2014–2018 и 2019–2020. Проще говоря, «досардиновая эпоха» — это года с 2004 по 2013 включительно, а с 2014 г. идёт «сардиновая эпоха». Нельзя не отметить, что не все согласны с утверждением о наступлении новой «сардиновой эпохи» [Булатов и др., 2017].

Было выделено пять групп таксонов, у которых изменения удельной биомассы в разное время суток происходят схожим образом: «ядро», «дневные», «почти ночные», «ночные» и «редкие» (рис. 3).

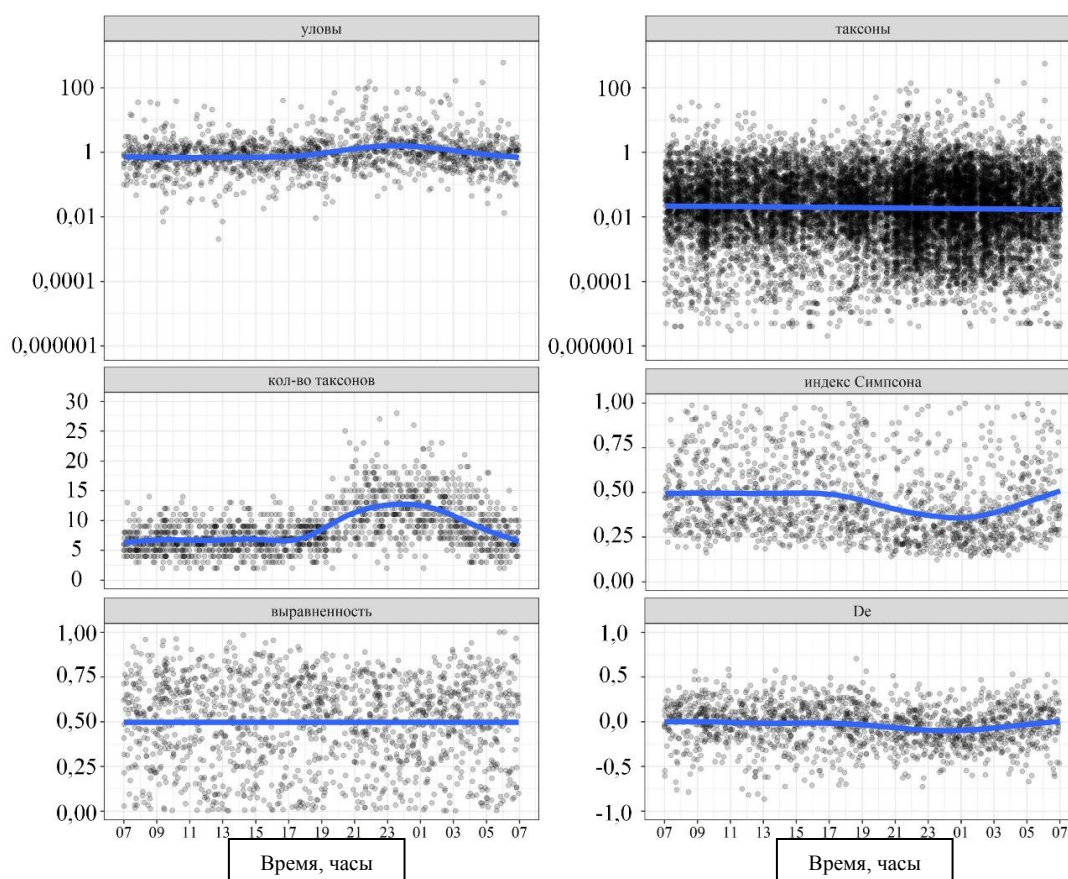


Рис. 2. Изменения удельной биомассы уловов и таксонов (т/км^2), количества таксонов в улове и рассчитанные индексы нектона и макропланктона верхней эпипелагиали СЗТО в мае-июле 2004–2020 гг. в разное время суток

Fig. 2. Changes in the specific biomass of catches and taxa (t/km^2), the number of taxa in the catch and calculated indices of nekton and macroplankton of the upper epipelagial of the northwest Pacific in May–July 2004–2020 at different times of the day

«Ядро» — это группа из 5 таксонов с высокой частотой встречаемости в уловах: *Aequorea* sp., *Chrysaora melanaster*, *Oncorhynchus gorbusha*, *O. keta* и *Phacellophora camtschatica*. Их удельные биомассы изменяются всего на пять порядков, в течение суток она изменяется незначительно, и её средняя величина составляет внушительную цифру в $0,1 \text{ т/км}^2$.

«Дневные» — это группа из 34 таксонов, которые в отличие от 2 последующих, встречаются и днём, и ночью: *Gonatus kamtschaticus*, *O. nerka*, *Todarodes pacificus*, *O. kisutch*, *Brama japonica*, *G. madokai*, *Gonatidae* sp., *Anotopterus nikparini*, *Hemilepidotus* sp., *Scomber japonicus*, *O. tshawytscha*, *Theragra chalcogramma*, *Pleurogrammus monopterygius*, *Okutania anonycha*, *Aurelia limbata*, *Sardinops melanostictus*, *Alepisaurus ferox*, *A. labiata*, *Mola mola*, *Cololabis saira*, *Lamna ditropis*, *Engraulis japonicus*, *Paralepididae*, *Stichaeus* sp., *Pleurogrammus* sp., *Gasterosteus aculeatus*, *Japetella diaphana*, *Zaprora silenus*, *A. aurita*, *Squalus acanthias*, *Bathymaster* sp., *Magnisudis atlantica*, *Pterotrachea* sp. и *Cyanea capillata*. Их удельная биомасса имеет максимум в 23:00–24:00 и почти достигает значений группы таксонов «ядро», днём колеблется около $0,01 \text{ т/км}^2$, предел колебаний значений удельной биомассы охватывает почти девять порядков.

«Почти ночные» — это группа из 15 таксонов с явной тенденцией к ночному образу жизни (максимум примерно с 19:00 до 07:00), но встречаются и в дневных уловах. Возможно, дневные поимки связаны с их хорошей объедающей способностью, т.е. они долго после поимки вымываются из трала: *Boreoteuthis borealis*, *Pterothrissus gissu*, *Calycopsis nematophora*, *Aptocyclus ventricosus*, *Onychoteuthis borealijaponica*, *Scopelosaurus harryi*, *Watasenia scintillans*, *Lestidiops ringens*, *Gonatus onyx*, *Moroteuthis robusta*, *Tetragonurus cuvieri*, *Galiteuthis phyllura*, *Gonatopsis japonicus*, *Berryteuthis magister*, *Hormiphora cucumis*.

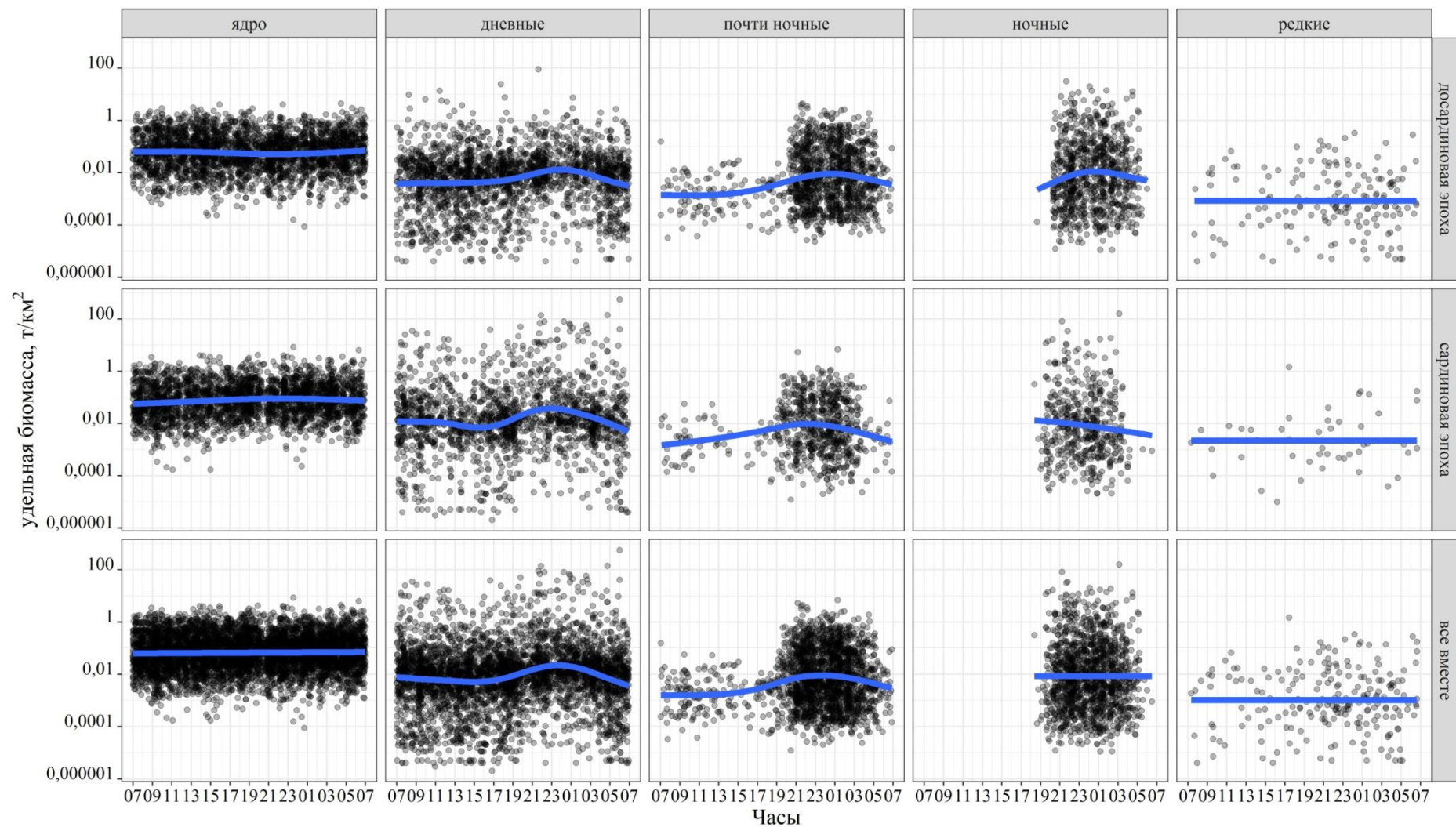


Рис. 3. Изменения удельной биомассы (т/км^2) пяти групп таксонов нектона и макропланктона верхней эпипелагиали СЗТО в мае-июле 2004–2020 гг. в разное время суток, в разные эпохи

Fig. 3. Changes in specific biomass (t/km^2) of five groups of taxa of necton and macroplankton of the upper epipelagial northwest Pacific in May–July 2004–2020 at different times of the day, in different epochs

«Ночные» — это группа из 16 таксонов, которые не встречаются в дневных уловах: *Benthalbella dentata*, *Ceratoscopelus warmingii*, *Diaphus theta*, *Icichthys lockingtoni*, *Lipolagus ochotensis*, *Notoscopelus japonicus*, *Tarletonbeania crenularis*, *Trachipterus ishikawae*, *Lampanyctus jordani*, *Desmodema lorum*, *Nemichthys scolopaceus*, *Stenobranchius leucopsarus*, *Symbolophorus californiensis*, *Arctozenus risso*, *Leuroglossus schmidtii*, *Chiroteuthis calyx*. В ночное время (с 19:00 до 07:00) их средняя удельная биомасса достигает значений 0,01 т/км².

«Редкие» — это группа из 70 таксонов с частотой встречаемости каждого из них меньше 1 %.

Изменения удельной биомассы в течение суток у групп таксонов немного различались по эпохам:

— у групп таксонов «ядро» в «досардиновую эпоху» наблюдался небольшой тренд снижения удельной биомассы в районе 01:00, а в «сардиновую эпоху» наблюдался тренд повышения удельной биомассы с 07 до 23 часов;

— у групп таксонов «дневные» в «досардиновую эпоху» пик удельной биомассы наблюдался с 23:00 до 01:00, а в «сардиновую эпоху» — на два часа раньше, и был более выражен тренд снижения удельной биомассы к 16:00;

— у групп таксонов «почти ночные» и «ночные» наблюдалась схожая закономерность: в «досардиновую эпоху» пик биомассы приходился на период 20:00–06:00, а в «сардиновую эпоху» — на 19:00–05:00 часов;

— удельная биомасса групп таксонов «редкие» была выше в «досардиновую эпоху», чем в «сардиновую».

Изменения в нектоне и макропланктоне в период преданадромных миграций тихоокеанских лососей происходили не только в течение суток (день/ночь), но и в пространстве (рис. 4).

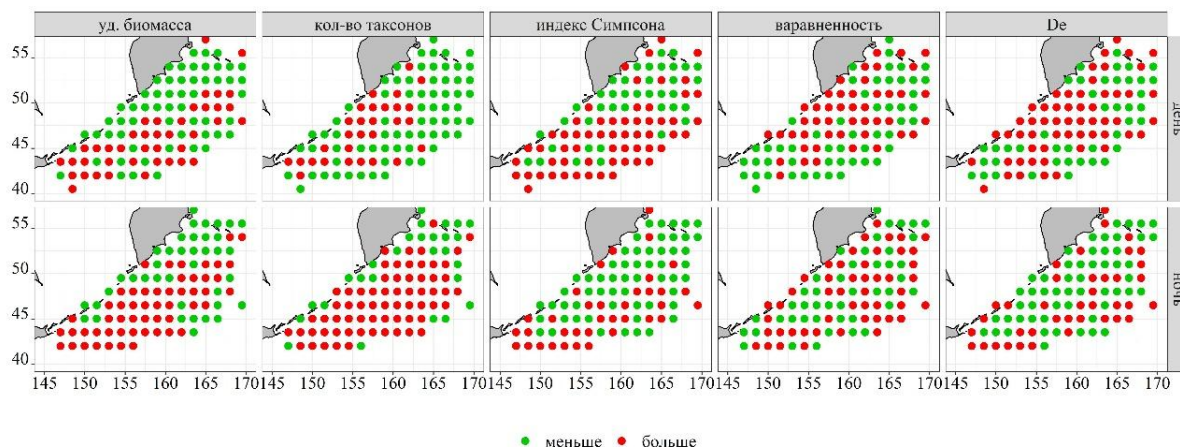


Рис. 4. Пространственные изменения удельной биомассы уловов, количества таксонов в улове и рассчитанных индексов нектона и макропланктона верхней эпипелагиали СЗТО в мае-июле 2004–2020 гг. в разное время суток (день/ночь)

Fig. 4. Spatial changes in the specific biomass of catches, the number of taxa in the catch and the calculated indices of neuston and macroplankton of the upper epipelagial of the northwest Pacific in May–July 2004–2020 at different times of the day (day/night)

На рис. 4 хорошо видно, что удельная биомасса уловов в ночное время на большей части акватории увеличивалась. Количество таксонов в улове тоже увеличивалось, соответственно, индекс Симпсона (доминирования отдельных видов) уменьшался. Про выравнивание видов сложно сказать, но на первый взгляд ночное распределение выглядит как инверсия дневного распределения выравниваемости. Также закономерно уменьшился размерный состав ночью согласно индексу D_e .

Выводы

Таким образом, ранее представленное деление годов (с 2004 по 2020 г.) на 4 периода лет (2004–2012; 2009, 2013; 2014–2018 и 2019–2020) можно сократить до двух эпох: «досардиновая эпоха» (это года с 2004 по 2013 включительно) и очередная «сардиновая эпоха» (с 2014 г.).

В более тёплый период (2014–2020 гг.) наблюдается более широкое проникновение в Тихий океан холодной (0–5 °C) воды из Охотского моря, чем в более холодный (2004–2013 гг.). При этом средняя температура поверхности воды была выше в «досардиновую эпоху» чем в «сардиновую эпоху» — 7,2 °C против 7,1 °C.

Суточный тренд изменения удельной биомассы таксонов имеет слабую положительную тенденцию в районе 10–16 часов. Суточный тренд изменения удельной биомассы уловов имеет хорошо выраженный отрицательный тренд в районе 6–20 часов. Удельная биомасса таксонов чуть выше днём, чем ночью, а уловы значительно выше ночью, а не днём. Средняя удельная биомасса таксонов чуть больше 0,01 т/км², средняя удельная биомасса уловов около 1,0 т/км².

Среднее количество таксонов в улове резко возрастает к 23:00, с 07:00 до 18:00 не меняется. Доминирование отдельных видов, повторяет с точностью до наоборот ход тренда изменения количества таксонов в улове. В дневное время индекс Симпсона имеет линейную тенденцию и только ночью сильно понижается. Выравненность видов по обилию не имеет выраженной суточной изменчивости. В ночное время (с 21 до 05 часа) наблюдается небольшое уменьшение размеров nekтона и макропланктона, связанное с ночной миграцией к поверхности обитателей мезопелагиали.

Выделено пять групп таксонов, у которых изменения удельной биомассы в разное время суток происходит схожим образом: «ядро», «дневные», «почти ночные», «ночные» и «редкие».

Изменения в nekтоне и макропланктоне в период преданадромных миграций тихоокеанских лососей происходили не только в течение суток (день/ночь), но и в пространстве.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Автор искренне признателен всем участникам научно-исследовательских рейсов за их высококвалифицированные работы по сбору материалов, которые послужили основой для написания статьи.

The author is sincerely grateful to all the participants of the research flights for their highly qualified work on the collection of materials, which served as the basis for writing the article.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no any sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for the use of animals have been followed.

Список литературы

Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1968. — 288 с.

Атлас количественного распределения nekтона в северо-западной части Тихого океана / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — М. : Нац. рыб. ресурсы, 2005. — 1082 с.

- Булатов О.А., Котенев Б.Н., Кровнин А.С.** О перспективах новой «сардиновой эпохи» в северо-западной части Тихого океана // *Вопр. рыб-ва.* — 2016. — Т. 17, № 4. — С. 385–405.
- Волвенко И.В.** Морфометрические характеристики стандартных биостатистических районов для биоэкологических исследований рыболовной зоны России на Дальнем Востоке // *Изв. ТИНРО.* — 2003. — Т. 132. — С. 27–42.
- Волвенко И.В.** Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловых съемок // *Изв. ТИНРО.* — 1998. — Т. 124. — С. 473–500.
- Волков А.Ф.** Карты комплексных станций в Беринговом и Чукотском морях и северной части Тихого океана в научных рейсах ТИНРО (1986–2019 гг.) // *Изв. ТИНРО.* — 2020. — Т. 200, вып. 4. — С. 1028–1039. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-1028-1039.
- География и мониторинг биоразнообразия** : учеб. пособие / Н.В. Лебедева, Д.А. Криволуцкий, Ю.Г. Пузаченко и др. — М. : Изд-во НУМЦ, 2002. — 432 с.
- Макрофауна пелагиали северо-западной части Тихого океана: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1979–2009** / В.П. Шунтов, Л.Н. Бочаров, И.В. Волвенко, В.В. Кулик ; под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2012. — 616 с.
- Милованкин П.Г.** Видовая структура нектона и макропланктона в период преданадромных миграций тихоокеанских лососей в северо-западной части Тихого океана в 2004–2020 гг. // *Бюл. № 15 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке.* — Владивосток : ТИНРО, 2020. — С. 240–255.
- Хоружий А.А.** Особенности видового и количественного состава нектонного сообщества верхней эпипелагиали северо-западной части Тихого океана в раннелетний период // *Изв. ТИНРО.* — 2010. — Т. 163. — С. 93–113.
- Хоружий А.А., Заволокин А.В., Старовойтов А.Н. и др.** Лососи в составе нектонного сообщества верхней эпипелагиали в прикурильских водах СЗТО в раннелетний период 2012 г. // *Изв. ТИНРО.* — 2013. — Т. 172. — С. 65–82.
- Хоружий А.А., Сомов А.А., Емелин П.О. и др.** Появление высокоурожайных поколений японской скумбрии и дальневосточной сардины в прикурильских водах северо-западной части Тихого океана // *Рыб. хоз-во.* — 2015. — № 6. — С. 74–77.
- Шитиков В.К., Головатюк Л.В.** АВС-метод и специфика доминирования видов в донных речных сообществах // *Поволжский экологический журнал.* — 2013. — № 1. — С. 88–97.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С.** Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // *Количественные методы экологии и гидробиологии* : сб. науч. тр., посвящ. памяти А.И. Баканова / отв. ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг. — Тольятти : СамНЦ РАН, 2005. — С. 91–129.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д.** Количественная гидроэкология: методы системной идентификации : моногр. — Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. — 463 с.
- Denisenko S.G.** Structurally-functional characteristics of the Barents Sea zoobenthos // *Proc. Zool. Inst. Russ. Acad. Sci.* — 2004. — Vol. 300. — P. 43–52.
- Ivanov O.A., Khoruzhiy A.A.** Interannual Dynamics of the Fish Community's Integral Characteristics in the Upper Epipelagic Layer of the Pacific Ocean's Russian Part in June–September 2004–2018 // *J. Ichthyol.* — 2019. — Vol. 59, № 5. — P. 727–742. DOI: 10.1134/S0032945219050047.
- Simpson E.H.** Measurement of diversity // *Nature.* — 1949. — Vol. 163, Iss. 4148. — P. 668.