

На правах рукописи



Сомов Алексей Александрович

**НЕКТОН ЭПИПЕЛАГИАЛИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ
В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД: СОСТАВ, СТРУКТУРА, СЕЗОННАЯ
И МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА**

1.5.16. Гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

ВЛАДИВОСТОК – 2024

Работа выполнена в Лаборатории изучения морского периода жизни тихоокеанских лососей Тихоокеанского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») («ТИНРО»)

Научный руководитель:

Доктор биологических наук, профессор **Шунтов Вячеслав Петрович**

Официальные оппоненты:

Токранов Алексей Михайлович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, руководитель Лаборатории гидробиологии Камчатского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук

Панченко Владимир Владиславович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории ихтиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук

Защита диссертации состоится 10 июня 2024 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета 24.1.191.02 (Д 005.008.02) при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, д. 17. Телефон: +7(423) 2310905, факс +7(423)2310900. e-mail: nscmb@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук:

<http://www.imb.dvo.ru/misc/dissertations/index.php/soviet-d-005-008-02/67-somov-aleksej-aleksandrovich>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, кандидат
биологических наук

Е.Е. Костина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Берингово море является одним из наиболее био- и рыбопродуктивных районов Мирового океана. Ежегодный вылов биоресурсов составляет около 2 млн т, временами достигая 4 млн т. Уникальное сочетание геоморфологических и климатических факторов обуславливает наличие в Беринговом море значительных запасов минтая, тихоокеанской сельди и трески, камбал, лососей и других промысловых рыб, ракообразных, кальмаров, морских млекопитающих. Геоморфологическое разделение Берингова моря на обширный шельф на севере и востоке моря и глубоководную котловину с узким шельфом в западной и южной частях определяет особенности гидрологической обстановки и формирования различных сообществ как в водной толще, так и на дне.

Западная часть Берингова моря (ЗЧБМ) вследствие высоких и стабильных запасов кормовых ресурсов является благоприятным районом для нагула многих видов: минтай, лососи, треска, сельдь, мойва, сайка и др. [Шунтов и др., 2010; Шунтов, Темных, 2011; Волков, 2012а, б, 2015а, 2016а; Шунтов, 2016а; Шунтов, Иванов, 2019].

Экосистемный этап изучения российских вод Берингова моря наступил в 1980-е гг. с введением принципа экосистемных исследований. За несколько лет проведения экосистемных съемок в западной и центральной (ЦБМ) частях Берингова моря были получены тотальные оценки численности большинства гидробионтов на шельфе, свале глубин, в эпи- и мезопелагиали, оценена кормовая база, рассчитаны объемы потребления пищевых ресурсов и предложены структурные схемы организации сообществ [Маркина, Хен, 1990; Шунтов и др., 1993; Радченко, 1994; Баланов, 1995; Шунтов, Дулепова, 1995; Волков, 1996а; Борец, 1997; Дулепова, 2002].

К настоящему времени по ЗЧБМ накоплен значительный материал, полученный в ходе выполнения регулярных мониторинговых исследований в летне-осенний период. Учитывая, что в Беринговом море, как и в других дальневосточных морях, произошли существенные экосистемные перестройки [Шунтов, Темных, 2008а, б; Шунтов, 2016а], отразившиеся на составе и структуре нектонных сообществ, в том числе в эпипелагиали, анализ современного состояния сообщества нектона эпипелагиали ЗЧБМ представляется весьма актуальным.

Выбор объекта и предмета исследования. Объект исследования – нектон эпипелагиали (0–200 м) и неритической пелагиали (далее – эпипелагиали) ЗЧБМ. Предмет исследования – межгодовая и сезонная пространственно-временная изменчивость биомассы и видовой структуры нектона.

Степень разработанности темы. Благодаря ежегодным мониторинговым работам Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») в ЗЧБМ сформирована уникальная база данных качественного и количественного состава нектонных сообществ эпипелагиали с сопутствующими данными фоновых условий и питания гидробионтов.

Начиная с 2000-х гг. на фоне очевидных изменений и колебаний климата, а также перестроек в структуре сообществ [Шунтов, Темных, 2008б, в; Иванов, 2013] продолжающиеся исследования существенно дополнили многолетний ряд наблюдений. При этом возникает необходимость актуализации представлений об особенностях функционирования эпипелагических сообществ и продолжения попыток объяснения механизмов динамики численности промысловых объектов для рационального использования.

Цель и задачи исследования. Цель работы – оценка динамики и современного статуса нектонного сообщества эпипелагиали ЗЧБМ. Для достижения цели последовательно решались следующие задачи:

1. Уточнить таксономический состав нектона эпипелагиали ЗЧБМ в современный период.
2. Выявить и объяснить многолетние изменения в видовой структуре и пространственном распределении массовых видов нектона, а также обеспеченность нектона пищей в современный и предшествующие периоды.
3. Охарактеризовать особенности и причины сезонных изменений видовой структуры и пространственного распределения нектона в эпипелагиали ЗЧБМ в современный период.
4. Оценить трофическую структуру нектона эпипелагиали анадырско-наваринского района в современный период.
5. Определить тенденции и причины межгодовых изменений видовой структуры и пространственного распределения массовых видов нектона в современный период.

Положения, выносимые на защиту

1. Современное состояние видовой структуры нектона эпипелагиали ЗЧБМ зависит от динамики обилия и миграций в данный район минтая, сельди и тихоокеанских лососей и существенно отличается от такового в предшествующие периоды 1986–1990 и 1991–2002 гг.
2. Сезонные изменения биомассы и пространственного распределения нектона четко выражены и обусловлены миграциями массовых видов нектона под воздействием сезонной изменчивости климато-океанологических условий.

3. Запас кормовой базы рыб и кальмаров исследуемой акватории достаточен для их успешного летне-осеннего нагула, за исключением шельфовых участков, где нагрузка на кормовые ресурсы может быть высокой.

4. Характерная для современного периода изменчивость структуры нектонных сообществ в глубоководных районах за счёт уменьшения в 1,5–2,0 раза численности и интенсивности нагульных миграций тихоокеанских лососей и более стабильная ситуация в анадырско-наваринском районе вследствие массовых миграций минтая из восточной части Берингова моря.

Научная новизна исследования. Показано, что современное сообщество эпипелагического нектона значительно отличается от такового в 1980-е и 1990-е гг. Построены усреднённые схемы пространственного распределения массовых видов нектона в современный и предшествующие периоды.

Впервые детально проанализирована сезонная динамика нектона эпипелагиали ЗЧБМ, в том числе и трофическая структура нектона эпипелагиали анадырско-наваринского промыслового района в сезонном аспекте. Определены периоды максимальной концентрации нектона, приведены карты, количественно отражающие периоды массовых миграций гидробионтов в ЗЧБМ и из неё. Представлены схемы трофической структуры нектона для анадырско-наваринского района. В современный период (2003–2021 гг.) подробно рассмотрена межгодовая изменчивость нектона и причины, её обуславливающие.

Теоретическая и практическая значимость. Представленные результаты исследований о межгодовых и сезонных изменениях видовой и трофической структуры нектона эпипелагиали в связке с изменчивостью климато-океанологических условий являются важными теоретическими предпосылками для понимания закономерностей функционирования и динамики эпипелагических сообществ.

Полученные результаты могут использоваться для осреднения и статистического анализа естественнонаучной информации различных типов. В частности, они могут применяться при проведении мониторинга состояния среды обитания и запаса биологических ресурсов моря, при управлении их выловом, а также могут служить основой для исследований отклика сообществ Берингова моря на изменение климата. Данные по сезонной динамике нектона могут быть использованы для планирования специализированных исследований по изучению конкретных объектов промысла в периоды их максимальных и минимальных концентраций в ЗЧБМ.

Методология и методы диссертационного исследования. Сбор и первичная обработка материала осуществлялись по стандартным и общепризнанным, в том числе отработанным и принятым в практике ТИНРО, методикам, которые используются при изучении нектона [Аксютина, 1968; Волвенко, 1998, 1999, 2003; Атлас ..., 2006; Нектон ..., 2006; Макрофауна ..., 2012], планктона [Инструкция ..., 1974; Современные методы ..., 1983; Волков, 1996б, 2008], питания гидробионтов [Шорыгин, 1952; Желтенкова, 1955; Правдин, 1966; Руководство..., 1986; Кончина, Павлов, 1995; Чучукало, 1996, 2006; Dunne et al., 2002; Волков, 2008; Gascuel, Pauly, 2009; Allhoff et al., 2015]. Картографическая обработка и статистический анализ проводились в пакетах QGIS, GS Surfer и программной среде R [Суханов, 2005, 2008; Dalgaard, 2008; Sutton et al., 2009; Zuur et al., 2009, 2010a, b, 2013; Mittal, 2011; Zuur, 2012; Wood, 2017; PyQGIS ..., 2022; QGIS ..., 2022].

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность исследований подтверждена большим объемом обработанных материалов экспедиций ТИНРО с 1986 по 2021 г. (3823 траления), данных по сетным уловам зоопланктона за указанный период, литературных данных о спектрах питания массовых видов нектона и продукционных показателей кормовых объектов; использованием данных по климатическим, гидрологическим и ледовым условиям из открытых баз данных; применением современных методов статистической и картографической обработки данных.

Результаты работы и основные положения диссертации были представлены и обсуждены: на ежегодных отчетных сессиях Тихоокеанского и других филиалов ФГБНУ «ВНИРО» в период 2013–2021 гг.; 14-й международной научной конференции «Проблемы Арктического региона» (Мурманск, 2014); 3-й международной конференции «Современное состояние водных биоресурсов» (Новосибирск, 2014); 9-й Всероссийской научно-практической конференции «Понт Эвксинский – 2015» (Севастополь, 2015); второй научной школе «Комплексные исследования водных биологических ресурсов и среды их обитания» (Москва-Звенигород, 2015); 5-й научно-практической конференции «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса» (Москва, 2017); конференции «Комплексные исследования Мирового океана» (Москва, 2017); 31-м симпозиуме «Impacts of a Changing Environment on the Dynamics of High-latitude Fish and Fisheries» (Анкоридж, США, 2017); третьей всероссийской школе «Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире» (Москва-Звенигород, 2018); ежегодной конференции PICES-2019 Annual Meeting «Connecting Science and Communities in a Changing North Pacific» (Виктория, Канада, 2019); межлабораторном семинаре ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток, 15.02.2024).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в изданиях ВАК 8, в материалах и сборниках тезисов докладов всероссийских и международных конференций – 10.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Общий объем диссертации – 229 страниц. Основной текст изложен на 211 страницах, диссертация включает 81 рисунок, 12 таблиц и 12 приложений. Список использованной литературы содержит 457 наименований, 195 из которых – иностранные публикации.

Личный вклад автора. Непосредственное участие автора в четырёх экспедициях в качестве научного сотрудника и руководителя (2018 г.); формирование общей базы данных, проверка и отбраковка заведомо ошибочных значений; составление авторских скриптов на языках Basic и Python и их использование для статистической и картографической обработки данных; визуализация и анализ результатов расчетов; интерпретация полученных результатов и оформление текста.

Благодарности. Выражаю глубокую признательность и благодарность моему научному руководителю д.б.н. профессору В.П. Шунтову за его неоценимый вклад в мое становление и взросление как исследователя. Считаю приятным долгом выразить благодарность моему первому научному руководителю д.б.н. В.В. Суханову. Искренне благодарен коллегам по институту за плодотворную и квалифицированную работу по сбору и первичной обработке материалов в ходе многочисленных морских экспедиций к.б.н. И.И. Глебову и к.б.н. А.Н. Старовойтову. Автор признателен д.б.н. С.В. Найденко, совместные работы с которой составляют существенную долю диссертации. Особую признательность выражаю д.б.н. О.А. Иванову и д.б.н. А.Ф. Волкову за их ценные замечания и консультации в ходе подготовки настоящей работы. Автор отдельно благодарит супругу Е.Г. Сомову за ее неоценимую поддержку по всем фронтам и сестру, заведующую кафедрой экологии ДВФУ, к.б.н. Ю.А. Галышеву, которая за руку привела меня в науку.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Материалы и методы

В данной главе, состоящей из трех разделов, подробно излагаются организация и объем всего массива исходных данных и методы его первичной обработки. Здесь же описываются методы расчета обилия видов nekтона и зоопланктона, оценка спектров

питания массовых видов nekтона, расчёт объёмов потребления кормовой базы, особенности статистической и картографической обработки данных.

Район работ охватывает ЗЧБМ в пределах 200-мильной экономической зоны России (рис. 1). Рассмотренные и проанализированные в работе данные касаются трёх ландшафтных зон: глубоководные котловины (западные части Алеутской и Командорской котловин), анадырско-наваринский район (АНР) и карагинско-корякский шельф (ККШ) (рис. 1). Общая площадь исследуемой акватории составила около 721 тыс. км².



Рис. 1. Карта-схема района работ

Исходным материалом для анализа nekтонных сообществ послужили фактические данные пелагических траловых уловов, собранные при проведении комплексных экспедиций ТИНРО. При выполнении учетных траловых съемок также проводился комплекс океанологических, планктонных и трофологических исследований. Всего были отобраны материалы 3823 станций, выполненных в 49 экспедициях в период с 1986 по 2021 г.

Биомассу каждого вида или группы животных на единицу обловленной площади – квадратный километр (кг/км²) – для каждой

траловой станции вычисляли модифицированным «площадным» методом [Аксютин, 1968; Волвенко, 2013] по следующей формуле:

$$M = \frac{m \cdot p}{1.852 \cdot v \cdot t \cdot 0.001 \cdot a \cdot k},$$

где M – биомасса и численность вида на единицу площади, кг/км², экз./км²; m – масса вида в улове, кг; v – скорость траления, уз; t – продолжительность траления, ч; a – горизонтальное раскрытие устья трала, м; k – коэффициент уловистости трала для данного вида, который находится в промежутке от 0 до 1.

Для пространственного анализа и расчетов тотальных величин данные по нектону и зоопланктону были сгруппированы темпорально (помесячно или по периодам лет) и пространственно (по стратам) (см. рис. 1).

Величины обилия для видов, совершающих суточные вертикальные миграции и встречающихся в уловах только в ночное время, были рассчитаны только по ночным тралениям.

Для расчета тотальной биомассы нектонных и зоопланктонных организмов и построения карт распределения был использован картографический метод цифровой модели пространственного распределения [Суханов, 2008]. Картографические расчеты проводили в GS Surfer 13 и QGIS 3.4 с применением авторских скриптов на языках BASIC и Python для обработки больших массивов данных. Алгоритм расчета тотальной биомассы состоял из вычисления двух компонент пространственного распределения вида – встречаемости и биомассы по результативным тралениям. Для расчета тотальной биомассы рассчитанную поверхность (кг/км²) интегрировали с учетом общей площади района исследований [Суханов, 2008].

Для анализа объёмов потребления кормовой базы использовали данные по зоопланктону, которые были взяты из базы данных «Сетной зоопланктон» ТИНРО.

При анализе трофической структуры нектона АНР использовали первичные данные о питании массовых видов нектона в АНР, а также рассчитали продукцию потребителей и кормовых объектов. Всего проанализировано 15174 желудка. Спектры питания были рассчитаны для каждого указанного вида помесячно и по размерным группам. Суточные объемы потребления кормовых ресурсов рассчитаны по формуле:

$$c_{ijklm} = B_{ijklm} * СПР_{ijklm} * d_{ijklm},$$

где c – суточное потребление; B – биомасса потребителя, тыс. т; СПР – суточный пищевой рацион, %, – отношение массы потребляемого корма в сутки к массе тела потребителя; d – доля кормовой группы в рационе потребителя; индексы: i – кормовая группа, j – вид нектона-потребителя, k – размерная группа вида-потребителя, m – месяц.

Показатели общего суточного объема потребления кормовой базы в месяц m (c_m); месячного объема потребления пищи (C_m) и общего суммарного объема потребления кормовой базы за летне-осенний период (C) рассчитаны по следующим формулам:

$$c_m = \sum c_{ijklm}; \quad C_m = c_m * 30; \quad C = \sum C_m.$$

Данные по суточным пищевым рационам массовых видов нектона были заимствованы из опубликованных источников [Горбатенко, Ильинский 1991; Баланов,

Горбатенко, 1995; Ефимкин, 2001; Чучукало, 2006; Волков, 2016а, б], а также из рейсовых отчетов (Приложения 3, 4, 5 диссертации).

Помимо данных об объемах потребления кормовых объектов была рассчитана их месячная продукция с использованием Р/В-коэффициентов (отношение годовой продукции вида к его биомассе), заимствованных из опубликованных источников [Дулепова, 1991, 1993, 1994; Aydin et al., 2002; Заволокин и др., 2014; Радченко, 2015]:

$$P_{im} = \frac{B_{im} * P/B_i}{12},$$

где P_{im} – месячная продукция вида i в месяц m ; B_{im} – среднемесячная биомасса вида i в месяц m ; P/B_i – Р/В-коэффициент вида i .

Для анализа океанологических условий Берингова моря были использованы данные реанализа приземного давления Национального Центра Атмосферных Исследований (NCEP-NCAR) [Kalnay et al., 1996] за декабрь-март. Типизация зимних условий проводилась на основе положения и интенсивности развития Алеутского минимума по методике Родионова [Rodionov et al., 2005, 2007]. Данные по ледовому режиму Берингова моря за период 1979–2021 гг. были получены с портала National Snow & Ice Data Center (NSIDC) [Fetterer et al., 2017] в виде shp-файлов. Интенсивность циркуляции вод Берингова моря оценена на основе данных трехмерного реанализа океана ARMOR3D (<https://marine.copernicus.eu>). Для анализа выбраны несколько разрезов, пересекающих основные течения и проливы района исследований. Оценку величины потока проводили путем расчета площади профиля скорости течения через поперечное сечение разрезов [Panteleev et al., 2012; Prants et al., 2015; Коломейцев, 2020]. Данные по температуре поверхности моря (ТПМ) взяты с портала Лаборатории Физических Наук НОАА (NOAA OI SST V2 High Resolution Dataset) в виде ежедневных карт распределения ТПМ разрешением $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Впоследствии данные осредняли за период июнь-октябрь.

Глава 2 Физико-географическая характеристика района работ

Во второй главе проанализированы геоморфологические, климатические, океанологические и продукционные характеристики Берингова моря. Глава состоит из семи разделов, в каждом из которых суммированы современные представления об указанных выше характеристиках Берингова моря на основе литературных данных российских и зарубежных исследований. Проанализированы различия указанных характеристик между восточной и западной частями Берингова моря как основы для разделения Берингова моря на две связанные между собой большие морские экосистемы.

Глава 3 Видовой и таксономический состав, биотопические группировки, видовое богатство и встречаемость видов nekтона эпипелагиали западной части Берингова моря

Третья глава посвящена анализу таксономического состава nekтона эпипелагиали ЗЧБМ. Глава состоит из трех разделов.

В первом разделе отмечено, что в период исследований, с 2003 по 2021 г., в траловых уловах были встречены представители 133 вида из 47 семейств, а также 17 объектов, не определенных до вида. Из всего списка пойманных видов 19 были представлены головоногими моллюсками (Cephalopoda) из 7 семейств, 2 вида миног (Petromyzontida), 3 вида хрящевых рыб (Chondrichthyes) и 107 видов костных рыб (Actinopterygii). Более половины видов (и объектов, не определенных до уровня вида) путем оценки их встречаемости в уловах отнесены к случайным компонентам nekтона эпипелагиали (67 видов) (табл. 1). Если исключить данную группу видов, то общее количество учтенных видов (от редких до доминирующих) для всей акватории исследования в 2003–2021 гг. составило 64 вида + семь объектов, не определенных до вида (табл. 1), что составляет немногим более 1/10 всего видового богатства Берингова моря. Из всего количества анализируемых видов nekтона 46 – в АНР, 34 – в ККШ и 40 – в глубоководных районах.

Таблица 1

Количество учтенных видов nekтона эпипелагиали ЗЧБМ в 2003–2021 гг. по группам встречаемости в уловах

Регион	Случайные	Редкие	Обычные	Частые	Константные
ККШ	39+5 (54 %)	11+3 (17 %)	14+1 (18 %)	8 (10 %)	1 (1 %)
Глубоководные районы	42+5 (51 %)	16+1 (18 %)	8+2 (11 %)	9+2 (12 %)	7 (8 %)
АНР	43+10 (50 %)	25+3 (27 %)	11+3 (13 %)	8 (8 %)	2 (2 %)
Вся акватория	67+12 (53 %)	31+3 (22 %)	15+3 (12 %)	14+1 (10 %)	4 (3 %)

Примечание. Первое значение – количество идентифицированных видов, после знака «+» – количество объектов, не идентифицированных до вида, в скобках – доля от общего количества учтенных видов и надвидовых таксонов.

При анализе пространственного распределения видового богатства и видового разнообразия (индекс Симпсона) в эпипелагиали ЗЧБМ выявлено, что наибольшее количество видов, учитываемых в среднем на траление, а также показатель видового разнообразия максимальны в районах глубоководных котловин (рис. 2).

Во втором разделе главы рассмотрена биотопическая и зоогеографическая принадлежность учтенных видов (без случайных). Сравнение различных районов исследуемой акватории по биотопической и зоогеографической принадлежности видов nekтона показало, что в АНР по количеству преобладают нектобентосные (преимущественно элиторальная и верхнебентальная группировки) виды более

северных ареалов, в районе ККШ – количество видов с северными ареалами было ниже и встречались виды южных ареалов. В районах глубоководных котловин преобладающее количество видов относились к мезопелагическим, бентопелагическим, эпимезопелагическим группировкам, при этом большее количество видов имели южные ареалы.

В третьем разделе обсуждается распределение видов nekтона по встречаемости в траловых уловах. По всей акватории исследований наиболее часто встречающимися видами были кета (*Oncorhynchus keta*), северный кальмар (*Boreoteuthis borealis*), нерка (*O. nerka*), горбуша (*O. gorbuscha*), светлоперый стенобрах (*Stenobrachius leucopsarus*), чавыча (*O. tshawytscha*), минтай (*Gadus chalcogrammus*), камчатский гонатус (*Gonatus kamtschaticus*), дальневосточная серебрянка (*Leuroglossus schmidtii*), северный одноперый терпуг (*Pleurogrammus monopterygius*), тихоокеанская сельдь (*Clupea pallasii*). Встречаемость перечисленных видов превышала 20 %.

Глава 4 Периодизация многолетней динамики nekтона, видовой структуры и пищевой обеспеченности nekтона

В главе четыре подробно проанализированы многолетние изменения в пространственном распределении, тотальной биомассе и соотношении доминирующих видов nekтона, а также проведена оценка пищевой обеспеченности nekтона в эпипелагиали ЗЧБМ по периодам лет.

Первый раздел главы посвящен классификации видовой структуры эпипелагического nekтона по годам и районам исследований. Методом многомерного шкалирования годы исследований были сгруппированы в два кластера: для глубоководной части – 1986–1990 и 1991–2021 гг., а в шельфовых районах – 1986–2002 и 2003–2021 гг., за исключением АНР в слое 50–200 м, где все годы исследований были расположены единым облаком. Таким образом, для всей ЗЧБМ было выделено три периода: 1986–1990, 1991–2002 и 2003–2021 гг.

Второй раздел главы касается подробного разбора многолетних изменений пространственного распределения и тотальной биомассы доминирующих видов nekтона эпипелагиали а также причин, обуславливающих эти изменения с учетом выделенных периодов лет. Показано, что современный период (2003–2021 гг.) заметно отличается от предыдущих периодов по видовой структуре эпипелагического nekтона (рис. 2) за счёт изменения обилия и пространственного распределения доминирующих видов (рис. 3): минтая, сельди, тихоокеанских лососей, мойвы (*Mallotus villosus*), мезопелагических рыб и кальмаров.

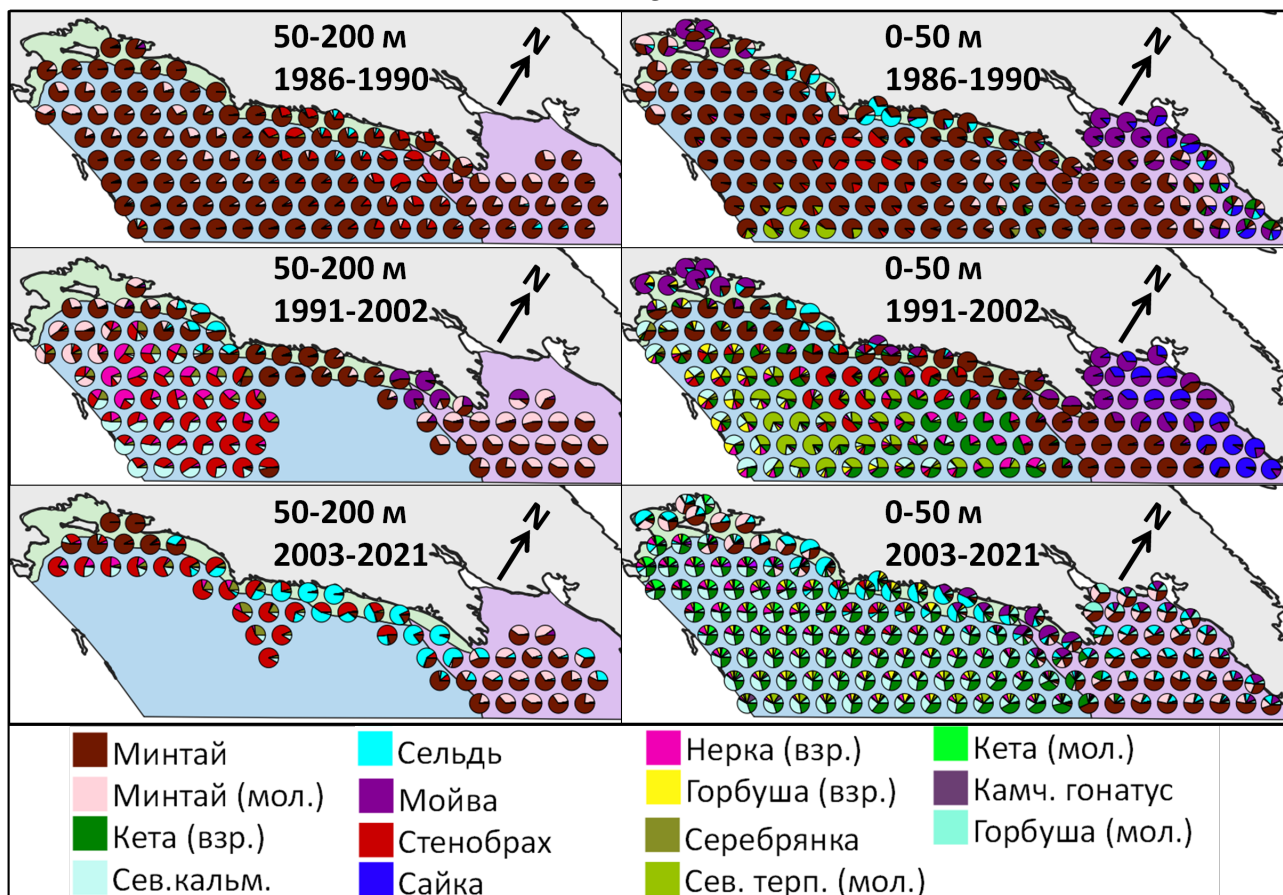


Рис. 2. Видовая структура нектона эпипелагиали ЗЧБМ по периодам лет

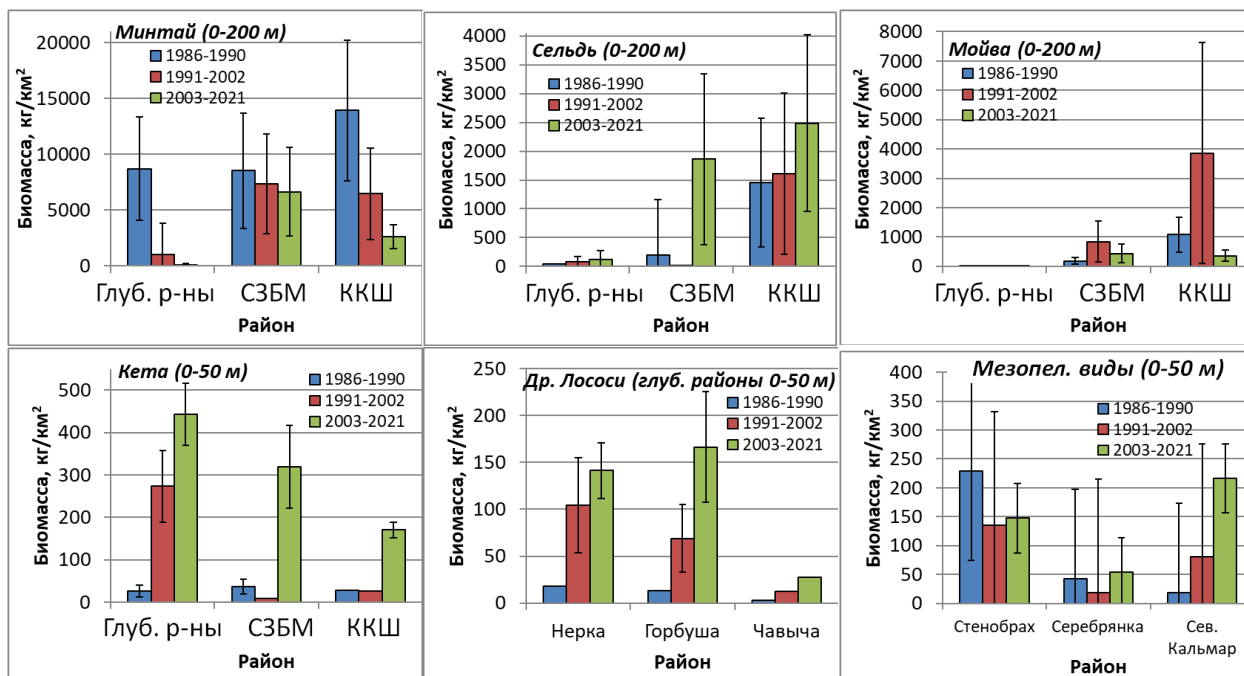


Рис. 3. Изменение биомассы ($\text{кг}/\text{км}^2$) массовых видов нектона по периодам лет в ЗЧБМ (по данным Приложений 7, 8, 9 диссертации). Планками погрешностей указана стандартная ошибка среднего

Изменение видовой структуры нектона эпипелагиали можно охарактеризовать как переход от монодоминантного «минтаевого» типа (в 1986–1990 гг.) через «переходный» (в

1991–2002) к полидоминантному «лососевому» типу (2003–2021 гг.). При этом наименьшие изменения коснулись АНР, особенно в слое 50–200 м, где за весь период наблюдений с 1986 г. существенных перестроек в видовой структуре nekтона не отмечено.

В третьем разделе главы проанализирована пищевая обеспеченность nekтона по периодам лет. Сделан вывод, что к современному периоду доля потребления nekтоном продукции мирного зоопланктона заметно снизилась в глубоководных районах, в то время как в шельфовых районах она либо возросла, либо осталась на том же уровне. По сравнению с глубоководными районами доля потребления зоопланктона в шельфовых районах более значительна и в отдельных участках может даже превышать продукцию зоопланктона (рис. 4), однако это, вероятно, компенсируется привносом зоопланктона из смежных акваторий. Даже в годы массового выхода минтая в глубоководные районы ресурсы зоопланктона использовались всего не более чем на 15 %, т.е. потенциально в глубоководных районах может нагуливаться значительно большее количество nekтона.

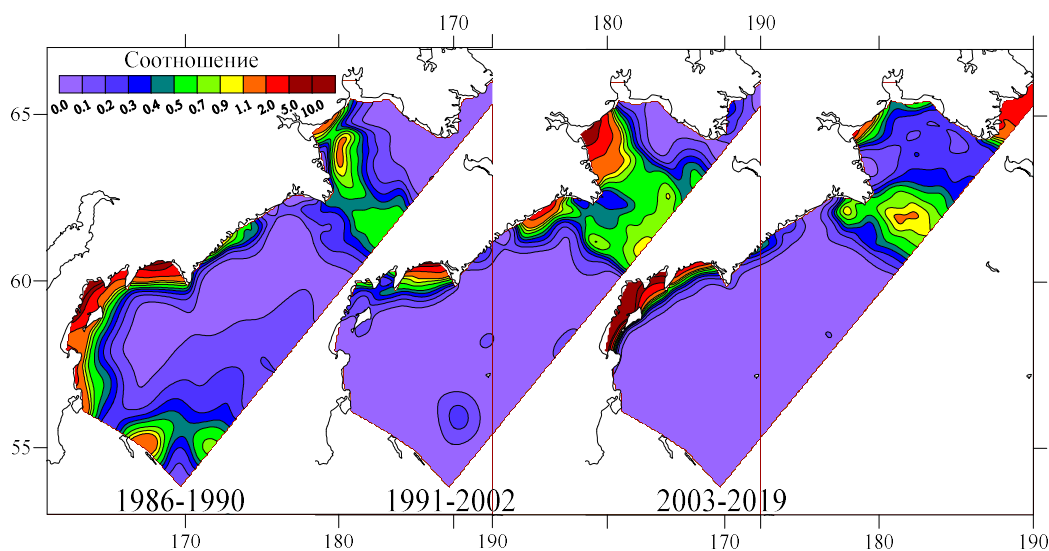


Рис. 4. Соотношение полугодового потребления nekтоном мирного зоопланктона крупной фракции и его продукции в эпипелагиали (0–200 м) ЗЧБМ

К основным причинам перестроек в видовой структуре nekтона следует отнести изменение динамики численности и пространственного распределения отдельных массовых видов, а также изменчивость климато-океанологических факторов как глобального, так и регионального масштабов [Шунтов, 2016а; Шунтов, Иванов, 2019]. Среди факторов, влияющих на численность массовых видов nekтона, нагуливающих в эпипелагиали ЗЧБМ, конкурентные отношения за пищевые ресурсы не являются определяющими. Это объясняется высокой пищевой обеспеченностью nekтона во все периоды, даже при сверхвысокой численности минтая и его массовых выходах в глубоководные районы. Снижение биомассы одних и увеличение биомассы других

видов, нагуливающих в ЗЧБМ, является результатом различной реакции на изменяющиеся климато-океанологические условия. Основной отклик на эти изменения проявляется в районах воспроизводства, преимущественно за пределами исследуемой акватории, и связан с выживаемостью на ранних этапах онтогенеза.

Глава 5 Сезонные изменения в нектоне

Пятая глава, состоящая из двух разделов, посвящена описанию сезонных изменений, происходящих в нектоне эпипелагиали ЗЧБМ в современный период (2003–2021 гг.). В первом разделе подробно рассмотрены сезонные изменения биомассы и пространственного распределения массовых видов нектона. Во втором разделе анализируются аспекты сезонных изменений в сообществе нектона в целом и выделяются периоды с характерной видовой структурой.

В глубоководных районах видовая структура изменяется от бидоминантного типа в весенний и раннелетний периоды к полидоминантному в летний и раннеосенний периоды. Всего выделено пять периодов (рис. 5): 1) **весна** (май) – начало миграций, преобладают половозрелые лососи, биомасса – 30–150 тыс. т; 2) **раннее лето** (июнь – вторая декада июля) – массовая миграция половозрелых лососей, массово встречаются сельдь (присваловые районы) и северный кальмар, биомасса – 300–650 тыс. т; 3) **лето** (третья декада июля – первая декада сентября) – массовое присутствие неполовозрелых нагульных лососей, многие другие виды достигают пика своего обилия, биомасса – 600–700 тыс. т; 4) **ранняя осень** (вторая декада сентября – октябрь) – откочевка неполовозрелых лососей, массовое присутствие молоди лососей первого морского года, преобладание северного кальмара, заходы видов-мигрантов южнобореально-субтропического комплекса, биомасса – 550–700 тыс. т; 5) **поздняя осень** (ноябрь) – активная откочевка всех лососей, доминирование северного кальмара, биомасса – 100–400 тыс. т.

В АНР во все периоды видовая структура имеет монодоминантный тип из-за подавляющего количества минтая, другие массовые виды (кета, сельдь, мойва) даже в период максимального присутствия в АНР суммарно составляют не более 15–20 % (рис. 5). Выделено четыре периода: 1) **весна** (май – вторая декада июня) – начало миграции минтая, биомасса нектона – 100–500 тыс. т; 2) **лето** (третья декада июня – август) – активная миграция минтая, сельди и кеты, биомасса – 1,0–1,8 млн т; 3) **ранняя осень** (сентябрь–октябрь) – миграции взрослого минтая и его сеголеток достигают пика, кета к этому периоду уже почти полностью покидает АНР, биомасса – 1,7–2,5 млн т; 4) **поздняя осень** (ноябрь) – минтай начинает откочевывать из АНР, хотя по-прежнему доминирует в нектоне. Биомасса нектона – 0,8–1,4 млн т.

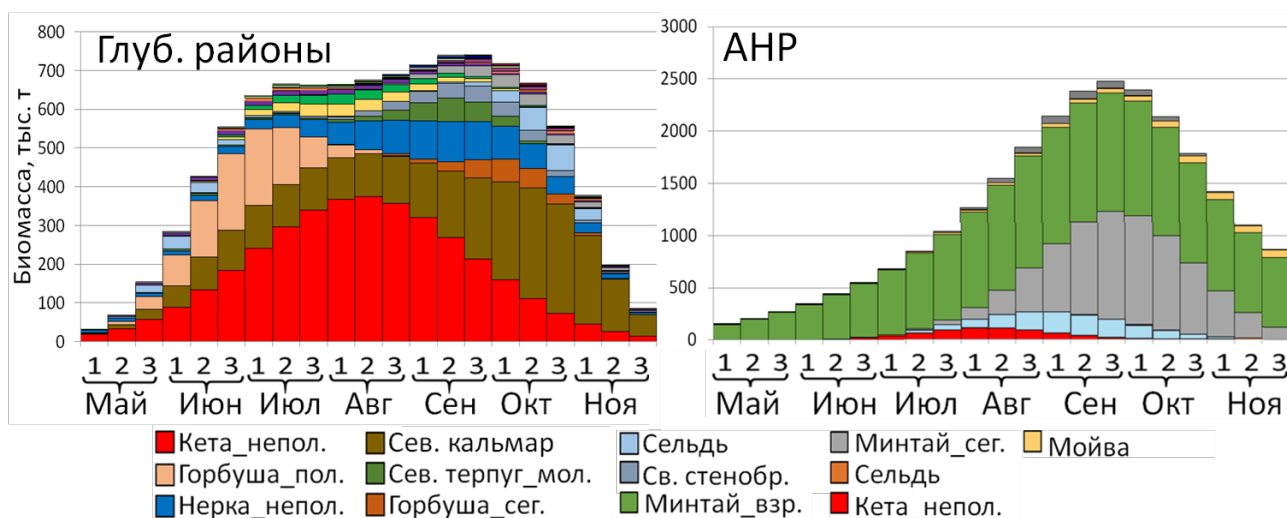


Рис. 5. Сезонная динамика биомассы нектона в верхней эпипелагиали глубоководных котловин (слева) и в неритической пелагиали АНР (справа) в ЗЧБМ по десятидневным периодам

Таким образом, сезонные изменения в нектонном сообществе проявляются в эпипелагиали ЗЧБМ весьма чётко. Эти изменения касаются как тотальной биомассы, которая у массовых видов достигает максимума в конце лета – осенью, так и их пространственного распределения за счет миграций массовых видов (минтай, сельдь, кета), которые нагуливаются в данном районе в теплый период года. Это подчеркивает важность рассматриваемого района как транзитного нагульного региона в ходе жизненного цикла целого ряда ценных промысловых видов.

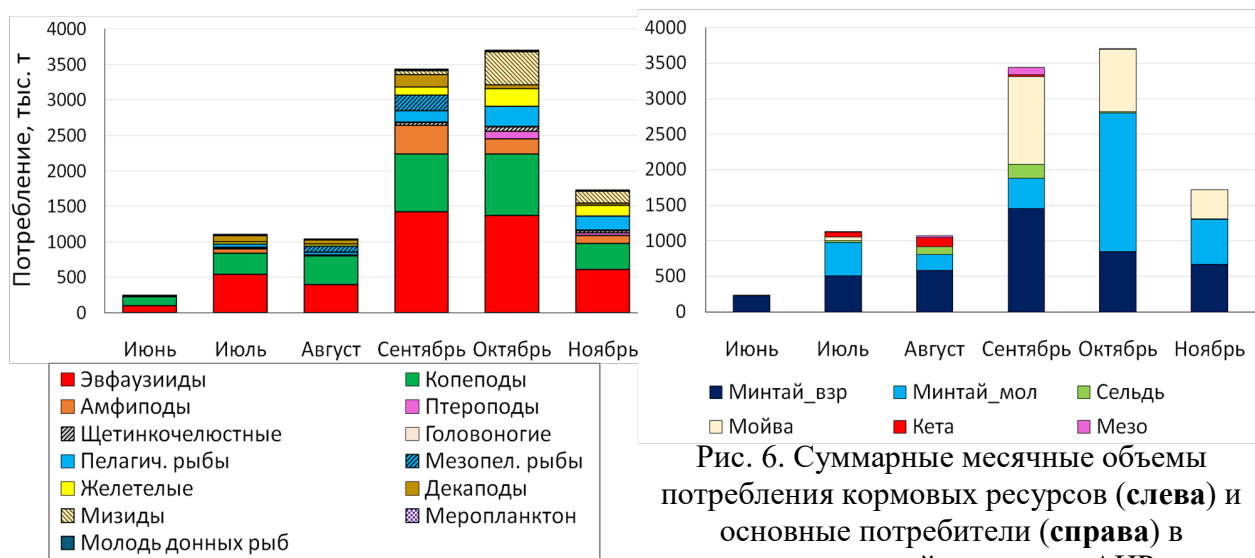
Определяющее влияние на сроки и масштабы миграции оказывают особенности сезонных перестроек в океанологическом режиме и численность самих мигрантов. Основными океанологическими событиями следует считать: а) таяние льдов, определяющее начало интенсивного развития фитопланктона; б) формирование сезонного термоклина, изменяющего структуру эпипелагиали; в) осеннее разрушение термоклина в результате выхолаживания; г) льдообразование, преимущественно в шельфовых районах.

Глава 6 Трофическая структура нектона эпипелагиали анадырско-наваринского района

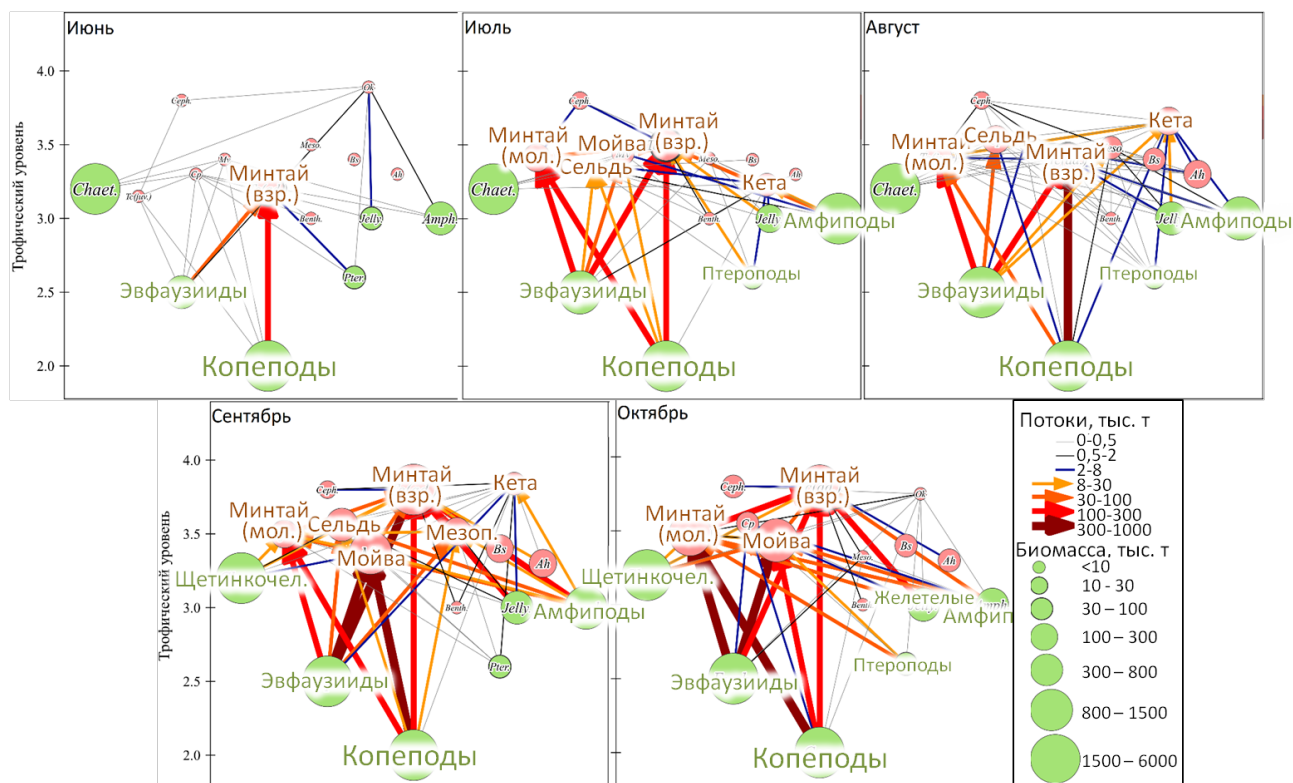
Глава посвящена оценке трофической структуры неритической пелагиали АНР в сезонном аспекте как района с максимальной концентрацией нектона и наивысшей потенциальной нагрузкой на кормовые ресурсы в ЗЧБМ. В первом разделе описана сезонная динамика кормовой базы нектона данного района: рассчитаны биомасса, продукция, пространственное распределение зоопланктона по месяцам в летне-осенний период. Во втором разделе произведены расчеты нагрузки на кормовую базу нектона.

В количественном аспекте суммарное потребление кормовых ресурсов (микронектон и зоопланктон крупной фракции) в АНР за период с июня по октябрь

составило 9,6 млн т с максимумом в сентябре и октябре – соответственно 3,4 и 3,7 млн т (рис. 6). Доминирующими группами в питании массовых видов во все рассматриваемые месяцы являлись эвфаузииды и копеподы с преобладанием первых (рис. 6).



Основные потоки вещества в трофической структуре нектона замыкались на минтай, но в отдельные месяцы (сентябрь и октябрь) значительную роль играли мойва, сельдь и кета (рис. 7).



Коэффициент использования кормовой базы значительно варьировал по месяцам для отдельных групп. В некоторые месяцы использование ресурсов той или иной группы могло превышать ее продукцию: например, для эвфаузиид потребление достигало 113 % в сентябре при среднем значении за летне-осенний сезон 84 %, максимальный коэффициент потребления продукции копепод – 28 % в октябре (среднее за сезон – 14 %), у амфипод в сентябре-октябре потребление превышало продукцию в 2,5 раза, однако в июне-августе доля потребления продукции этой группы составляла всего 3–13 %.

Суммарно, за весь летне-осенний период вариации в потреблении продукции отдельных групп сглаживаются, и это означает, что существуют промежутки времени как накопления, так и активного потребления кормовых объектов. Трофическая структура в системе зоопланктон–нектон усложнялась по мере увеличения биомассы нектона (рис. 7), что способствовало более равномерному распределению нагрузки на кормовую базу. В среднем за летне-осенний период объем потребления кормовой базы нектоном оценен в 30 % от ее продукции за соответствующий период. При этом сообщество неритической пелагиали АНР — это незамкнутая система: гидрологическая обстановка в данном районе предполагает значительную степень аллохтонности зоопланктона, который накапливается посредством транспорта течениями.

Таким образом, обильное продуцирование зоопланктона в АНР наряду с постоянным привносом зоопланктона из смежных акваторий создает резерв, который не успевает осваиваться потребителями. Это означает, что запас кормовой базы в АНР достаточен для того, чтобы массовые виды нектона проявляли избирательность в питании.

Глава 7 Межгодовая динамика нектона

В завершающей главе диссертации рассматриваются особенности межгодовых различий в структуре и пространственном распределении нектона эпипелагиали в современный период (2003–2021 гг.), анализируются связи этих изменений с условиями среды и обсуждаются возможные сценарии дальнейших изменений в эпипелагическом нектоне ЗЧБМ. Глава состоит из шести разделов, пять из которых касаются разбора межгодовой динамики массовых видов нектона, а шестой посвящен описанию изменений в видовой структуре.

Тихоокеанские лососи и минтай как доминирующая группа видов, формирующая облик сообщества, анализируются наиболее подробно. Показано, что среди тихоокеанских лососей для неполовозрелых нагульных особей смешанных региональных стад [Атлас..., 2002; Бугаев и др., 2006, 2007, 2009; Urawa et al., 2009] отмечено характерное снижение уровня обилия в ЗЧБМ с начала 2000-х гг. по настоящее время (рис. 8). Например, у кеты в

2002–2008 гг. средний уровень обилия в осенний период находился на уровне 600 кг/км^2 , а в 2017–2021 гг. – 200 кг/км^2 , у нерки за указанные периоды биомасса составляла в среднем соответственно 220 и 120 кг/км^2 , у чавычи – 19 и 6 кг/км^2 . При этом у молоди тихоокеанских лососей первого морского года, которые относятся к местным популяциям, межгодовая динамика биомассы не имела тенденции к уменьшению. У горбуши и вовсе отмечался рост обилия как по четной (доминантная), так и по нечетной линии лет.

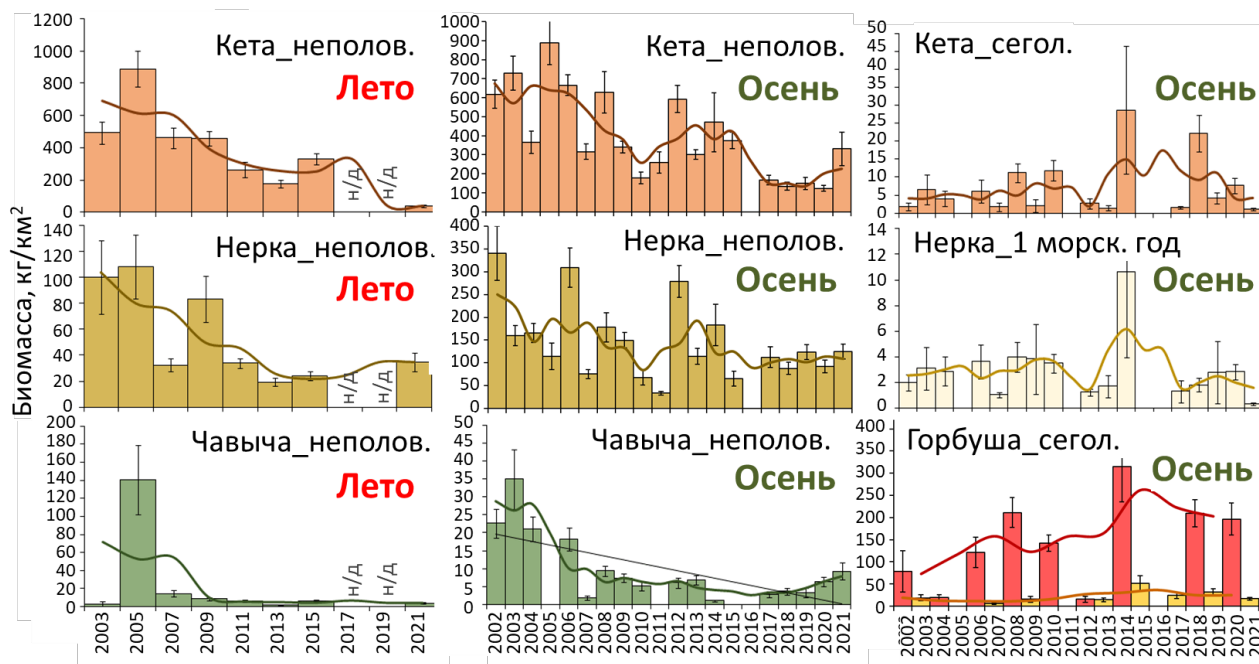


Рис. 8. Межгодовая динамика биомассы тихоокеанских лососей с многолетним морским циклом (слева и посередине) и молоди первого морского года (справа), нагуливающих в ЗЧБМ в летне-осенний период. Столбцами обозначены фактические оценки, линия – трехлетнее сглаживание, планками погрешности указана стандартная ошибка

Отмечены отрицательные тренды обилия других массовых видов: северного кальмара, мезопелагических рыб, молоди северного однопёрого терпуга (рис. 9)

Основным фактором уменьшения обилия у неполовозрелой кеты и чавычи являлось снижение численности основных региональных стад, которые нагуливаются в Беринговом море. У нерки сокращение обилия в ЗЧБМ было обусловлено не снижением численности региональных стад (их численность, напротив, возростала), а более выраженными перераспределениями между ЦБМ и ЗЧБМ. Помимо этого, в межгодовой динамике нагульных лососей отмечено не только общее снижение обилия, но и цикличность на фоне изменения режима водообмена с Тихим океаном: при его усилении миграции нагульных лососей в ЗЧБМ усиливались, а при ослаблении – снижались.

В межгодовой динамике минтая в АНР по данным акустических исследований в пелагическом слое отмечались два периода повышенной биомассы взрослого минтая – в

2002–2006 и 2015–2020 гг. – и период пониженного или умеренного уровня биомассы – 2007–2014 гг. (рис. 9).

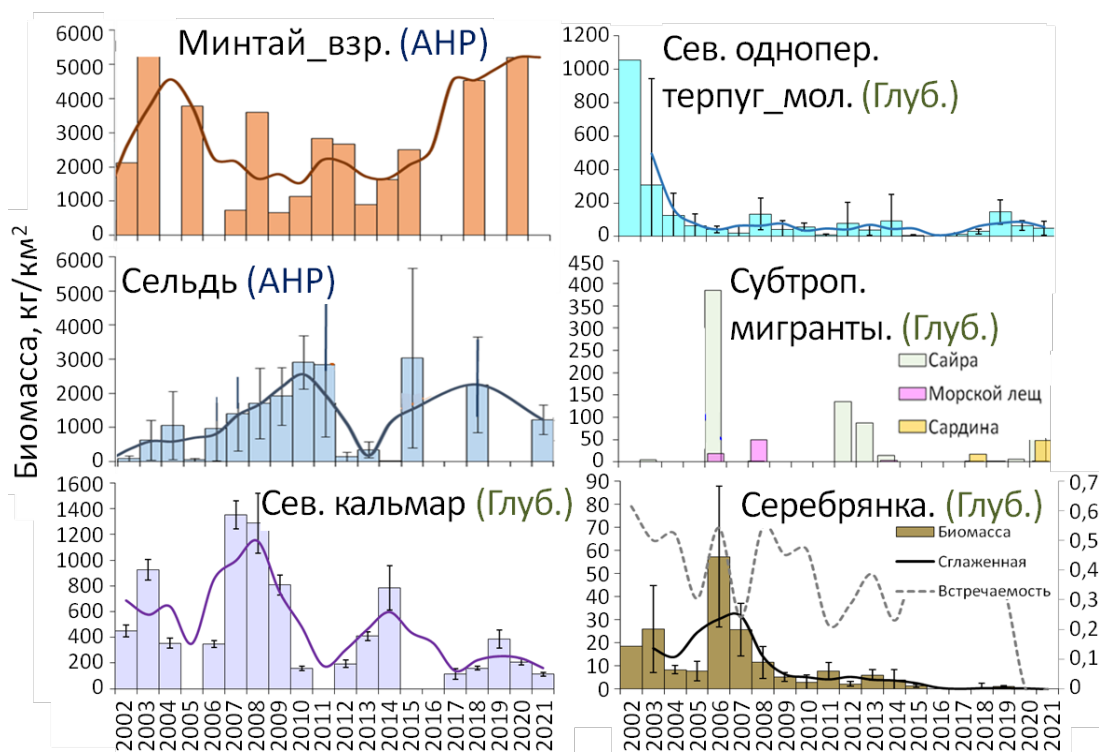


Рис. 9. Межгодовая динамика биомассы минтая (по данным В.И. Поляничко и М.Ю. Кузнецова [2023]) и сельди в неритической пелагиали АНР, а также других массовых видов нектона в эпипелагиали глубоководных котловин. Обозначения как на рис. 8

Миграции взрослого минтая восточноберингоморской популяции в АНР подвержены межгодовым изменениям, которые статистически достоверно зависят как от плотностного фактора (биомассы минтая в восточной части моря), так и от океанологических условий среды в АНР (ледовитость в предшествующую зиму). При этом выявлено отсутствие связи с уровнем обилия кормового зоопланктона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В многолетнем плане произошли заметные изменения в уровне общей биомассы нектона и перестройки в видовой структуре нектона к современному периоду. Это связано с изменением численности и пространственного распределения доминирующих видов, прежде всего прекращение к началу 1990-х гг. массовых выходов минтая восточноберингоморской популяции в глубоководные районы, а также значительное снижение численности минтая западноберингоморской популяции. На этом фоне (но не в связи) существенно возросли миграции тихоокеанских лососей в ЗЧБМ из-за увеличения их численности в северной Пацифике.

Запасов пищи в ЗЧБМ более чем достаточно для нагула нектонных организмов даже в периоды массовых миграций минтая в глубоководные районы. Таким образом,

нельзя говорить о жестких конкурентных взаимоотношениях за пищу среди массовых видов nekтона, которые лимитировали бы их обилие в районе нагула.

Обилие nekтона в ЗЧБМ достигает максимума в конце лета – осенью за счет миграций массовых видов (минтай, сельдь, тихоокеанские лососи), которые нагуливаются здесь в теплый период года. Это подчеркивает важность рассматриваемого района как транзитного нагульного региона в ходе жизненного цикла целого ряда ценных промысловых видов.

В АНР количественные расчеты показали, что у кормовой базы есть существенный запас, так как nekтоном потребляется в среднем около трети продукции кормовой базы и прослеживается избирательность в питании. Также можно заключить, что в течение летне-осеннего периода отмечаются периоды накопления кормовой базы (в начале лета), когда величина выедания низкая, и периоды потребления (осень), когда выедание некоторых групп зоопланктона и микронектона превышает их продукцию.

В верхней эпипелагиали глубоководных котловин ЗЧБМ в период 2002–2021 гг. отмечено снижение общей биомассы nekтона. Данные изменения обусловлены по большей части уменьшением интенсивности миграций нагульных тихоокеанских лососей (кета, нерка и чавыча) из сопредельных акваторий в летне-осенний период. Отмеченные отрицательные тренды обилия других массовых видов (северный кальмар, мезопелагические виды, молодь северного одноперого терпуга) также предполагают, что в ближайшие годы уровень биомассы nekтона в верхней эпипелагиали глубоководных котловин ЗЧБМ увеличиваться не будет, а видовая структура будет сохраняться в том же состоянии, что отмечается в последние десятилетия, и преобладающую роль в верхней эпипелагиали будут играть тихоокеанские лососи и северный кальмар, в нижней эпипелагиали – светлопёрый стенобрах и северный кальмар.

В настоящее время и в перспективе в эпипелагиали АНР доминирует и будет доминировать минтай. В периоды появления урожайных поколений и в связи с формированием благоприятных условий для нагула среди субдоминирующих видов будут также оставаться сельдь, мойва, сайка (*Boreogadus saida*) (при похолодании) и тихоокеанские лососи при условии сохранения уровня их распространения на нагул в Берингово море. В районе ККШ среди доминирующих видов будут оставаться сельдь и минтай, и, учитывая, что уровень численности двух видов в ЗЧБМ схож, они будут периодически сменять друг друга в роли доминирующего вида.

ВЫВОДЫ

1. В эпипелагиали западной части Берингова моря общее зарегистрированное количество видов nekтона за период исследований составило 133, из них 90 – в анадырско-наваринском районе (АНР), 75 – на карагинско-корякском шельфе (ККШ) и 85 – в глубоководных районах. Потенциальное видовое богатство эпипелагиали западной части Берингова моря может составлять до 270 видов.

2. Закономерно значительная часть учтённых видов относилась к нектобентосу (56 %) с наибольшими значениями в шельфовых районах (59–67 %) и наименьшими в глубоководных котловинах (36 %). Наибольшее видовое богатство уловов и видовое разнообразие nekтона (индекс Симпсона) наблюдались в Командорской котловине, а наименьшее – в АНР. В АНР количественно преобладают нектобентосные (наибольшее количество видов – элиторальная и верхнебентальная группировки) виды с более северными ареалами, напротив, в глубоководных котловинах преобладающее количество видов относятся к мезопелагическим, бентопелагическим, эпимезопелагическим группировкам, при этом большее количество видов имеют южные ареалы. В районе ККШ распределение видов по биотопическим и зоогеографическим группировкам имеет промежуточный характер.

3. В многолетнем плане в nekтоне ЗЧБМ происходят изменения, и в современный период состав и соотношение массовых видов nekтона существенно отличаются от таковых в предшествующие периоды (1986–1990 и 1991–2002 гг.). Наиболее значимые изменения в видовой структуре nekтона в многолетнем плане проявились в районе глубоководных котловин, где в современный период преобладают тихоокеанские лососи и северный кальмар.

4. Причины перестроек заключаются в динамике численности массовых видов, нагуливающих в ЗЧБМ, которая в свою очередь обуславливается комплексом условий на местах размножения и раннего онтогенеза.

5. Анализ данных об объемах потребления зоопланктона nekтоном показал, что запасы кормовой базы в ЗЧБМ достаточны для нагула даже в периоды массовых миграций минтая в глубоководные районы. Таким образом, нет оснований для выводов о жестких конкурентных взаимоотношениях за пищу среди массовых видов nekтона.

6. Сезонные изменения в составе nekтонных сообществ проявляются в эпипелагиали ЗЧБМ весьма чётко. Эти изменения касаются как тотальной биомассы, которая у массовых видов достигает максимума в конце лета – осенью, так и их пространственного распределения за счет миграций массовых видов (минтай, сельдь, кета), которые нагуливаются в данном районе в тёплый период года.

7. Западная часть Берингова моря на большей части акватории является транзитным регионом для нагула целого ряда важных промысловых видов nekтона (минтай, сельдь, мойва, тихоокеанские лососи). Определяющее влияние на сроки и масштабы миграции видов оказывают особенности сезонных перестроек в океанологическом режиме, а также численность самих мигрантов.

8. Межгодовые изменения сообщества эпипелагического nekтона в современный период характеризуются уменьшением его общей биомассы и увеличением выравненности видовой структуры в глубоководных районах. Данные изменения обусловлены сокращением интенсивности миграций нагульных тихоокеанских лососей (кета, нерка и чавыча) из сопредельных акваторий в летне-осенний период по причине уменьшения уровня водообмена с Тихим океаном и сокращением численности стад лососей, нагуливающих в Беринговом море. При этом в АНР уровень обилия nekтона и его видовая структура как в многолетнем плане, так и в течение современного периода более стабильны за счёт массовых миграций минтая из восточной части Берингова моря.

Список публикаций по теме диссертации
Статьи, опубликованные в научных журналах из списка,
рекомендованного ВАК РФ

1. **Сомов А.А.** Состав, структура и динамика nekтона верхней эпипелагиали Алеутской и Командорской котловин западной части Берингова моря в осенний период 2002–2013 гг. // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 39–64. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-180-39-64.
2. **Сомов А.А.** Сезонная динамика обилия и видового состава nekтона верхней эпипелагиали западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 189. С. 3–24. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-189-3-24.
3. Naydenko S.V., **Somov A.A.** Seasonal trophodynamics of the upper epipelagic nekton community in the western Bering Sea // J. Ichthyol. 2019. Vol. 59, № 5. P. 786–804. DOI: 10.1134/S0032945219050096.
4. Радченко В.И., Канзепарова А.Н., **Сомов А.А.**, Григоров И.В. Обилие и экология миктофтовых рыб в зал. Аляска в зимний период // Изв. ТИНРО. 2021. Т. 201, вып. 2. С. 292–352. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-292-312.
5. Найденко С.В., Хен Г.В., Фигуркин А.Л., Кузнецова Н.А., Старовойтов А.Н., **Сомов А.А.**, Шебанова М.А. Условия нагула молоди горбуши в осенне-зимний период на примере сезона 2019/2020 гг. // Вопр. рыб-ва. 2021. Т. 22, № 4. С. 96–115. DOI: 10.36038/0234-2774-2021-22-4-96-115.
6. Найденко С.В., **Сомов А.А.**, Кузнецова Н.А., Шебанова М.А. Многолетняя динамика кормовой базы и пищевой обеспеченности nekтона верхней эпипелагиали западной части Берингова моря. Сообщение 1. Состав и обилие зоопланктона и мелкоразмерного nekтона // Изв. ТИНРО. 2022. Т. 202, вып. 1. С. 3–33. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-3-33.
7. Найденко С.В., **Сомов А.А.** Многолетняя динамика кормовой базы и пищевой обеспеченности nekтона верхней эпипелагиали западной части Берингова моря. Сообщение 2. Пищевая обеспеченность nekтона // Изв. ТИНРО. 2022. Т. 202, вып. 1. С. 34–60. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-34-60. EDN: HLBPEX.
8. Хен Г.В., Дулепова Е.П., **Сомов А.А.** и др. Результаты исследований элементов экосистемы Конвенционного района Берингова моря и перспективы промысла // Вопр. рыб-ва. 2023. Т. 24, № 1. С. 5–38.

Публикации в других изданиях и материалах конференций

1. **Сомов А.А.** Теутоцен верхней эпипелагиали западной части Берингова моря в осенний период 2013 года: особенности распределения, обилия и доли в нектонном сообществе // Эколого-эволюционные исследования морских организмов и экосистем: мат-лы XIV международной науч. конф. студентов и аспирантов «Проблемы арктического региона» Том I. Форум молодых ученых, посвященный 100-летию со дня рождения Ю.И. Полянского (XXXII ежегодная конференция молодых ученых ММБИ). Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2014. С. 150–157.
2. **Сомов А.А.** Биологические характеристики стада сельди в северо-западной части Берингова моря в сентябре-октябре 2014 г. // Рыбоводство и рыб. хоз-во. 2015. № 3. С. 11–15.
3. **Сомов А.А.** Состав, структура и динамика нектона верхней эпипелагиали Алеутской и Командорской котловин западной части Берингова моря в осенние периоды // Комплексные исследования водных биологических ресурсов и среды их обитания : мат-лы 2-й науч. школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии с международным участием, посвящ. 100-летию со дня рождения И.Б. Бирмана. М. : ВНИРО, 2015. С. 60.
4. **Сомов А.А.** Изменение структуры эпипелагического нектона в западной части Берингова моря от лета к осени // Тез.докл. IX Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых (с международным участием) по проблемам водных экосистем, посвященной 100-летию со дня рождения В.Н. Грезе «Pontus Euxinus 2015». Севастополь, 2015. С. 165–166.
5. **Сомов А.А.** Сезонные изменения состава и видовой структуры нектона эпипелагиали западной части Берингова моря в начале XXI века // Комплексные исследования Мирового океана : мат-лы 2-й всерос. науч. конф. мол. ученых [Электронный ресурс]. М. : ИО РАН, 2017. С. 421–422.
6. Мазникова О.А., **Сомов А.А.** Особенности распределения и некоторые черты биологии рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* Pallas, 1769 (Scorpaeniformes, Cyclopteridae) в Беринговом море // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса : мат-лы 5-й науч.-практ. конф. мол. ученых с междунар. участием. М. : ВНИРО, 2017. С. 189–194.
7. **Somov A.A.** Changes in the western Bering Sea upper epipelagic nekton communities in the early 21st century // “Impacts of a Changing Environment on the Dynamics of High-latitude Fish and Fisheries” 31st Lowell Wakefield Fisheries Symposium. Anchorage, Alaska USA, 2017. P. 33.
8. **Сомов А.А.** Летне-осенние изменения состава и структуры нектона верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря // Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире : мат-лы 3-й науч. школы мол. ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвящ. 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина. М. : ВНИРО, 2018. С. 132.
9. Maznikova O., **Somov A.A.**, Baitaliuk A.A. Polar cod (*Boreogadus saida*) stock in the Bering Sea // PICES-2020 Virtual Annual Meeting Book of Abstracts : PICES Secretariat, 2020. P. 59.
10. Maznikova O., Krovnin A., **Somov A.** Climate impact on the Polar cod (*Boreogadus saida*) stock: in the Bering Sea // ICES-2021.

Сомов Алексей Александрович

**НЕКТОН ЭПИПЕЛАГИАЛИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ
В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД: СОСТАВ, СТРУКТУРА, СЕЗОННАЯ
И МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА**

Автореферат диссертации

Подписано в печать 08.04.2024 г. Формат 60x84/16. 1 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. Заказ № 3.

Отпечатано в типографии издательства ТИНРО

г. Владивосток, ул. Западная, 10.