

**ТИХООКЕАНСКИЙ ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»**

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

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Научный руководитель:
доктор биологических наук, профессор
Шунтов Вячеслав Петрович

ВЛАДИВОСТОК – 2024

Оглавление

Введение	4
Глава 1 Материал и методы	12
1.1 Район работ и материалы	12
1.2 Первичная обработка данных	16
1.3 Осреднение данных и картографическая обработка	18
Глава 2 Физико-географическая характеристика района работ.....	25
2.1 Морфометрические характеристики	25
2.2 Климат	26
2.3 Циркуляция, водообмен и водный баланс	28
2.4 Термохалинный режим.....	32
2.5 Вертикальная структура и водные массы.....	34
2.6 Ледовитость	37
2.7 Гидрохимия и первичное продуцирование	40
Глава 3 Видовой и таксономический состав, биотопические группировки, видовое богатство и встречаемость видов nekтона эпипелагиали западной части Берингова моря	45
3.1 Таксономический состав nekтона.....	45
3.2 Биотопические и зоогеографические группировки	47
3.3 Встречаемость видов	50
Глава 4 Периодизация многолетней динамики nekтона, видовой структуры и пищевой обеспеченности nekтона	53
4.1 Выделение периодов.....	53
4.2 Изменения биомассы и пространственного распределения доминирующих видов nekтона эпипелагиали и видовой структуры nekтона по периодам лет....	56
4.2.1 Минтай.....	56
4.2.2 Сельдь	62
4.2.3 Мойва	66
4.2.4 Тихоокеанские лососи.....	69
4.2.5 Мезопелагические рыбы и кальмары	72
4.2.6 Прочие виды.....	75

4.2.7 Изменения видовой структуры nekтона по периодам лет.....	80
4.3 Пищевая обеспеченность nekтона.....	88
Глава 5 Сезонные изменения в nekтоне	98
5.1 Сезонные изменения обилия и пространственного распределения массовых видов nekтона.....	98
5.2 Сезонные изменения видовой структуры и разнообразия nekтона	117
Глава 6 Трофическая структура nekтона эпипелагиали анадырско-наваринского района	124
6.1 Сезонная динамика кормовой базы nekтона	126
6.2 Трофика. Использование кормовой базы	129
Глава 7 Межгодовая динамика nekтона	138
7.1 Тихоокеанские лососи	138
7.2 Минтай	150
7.3 Сельдь и мойва	156
7.4 Кальмары и мезопелагические рыбы	158
7.5 Прочие массовые виды	161
7.6 Видовая структура nekтонного сообщества.....	163
Заключение	171
Выводы	176
Список литературы	178
ПРИЛОЖЕНИЯ	212

Введение

Актуальность темы исследования. Берингово море является одним из наиболее био- и рыбопродуктивных районов Мирового океана. Ежегодный вылов биоресурсов в нём составляет около 2 млн т, временами достигая 4 млн т. Уникальное сочетание геоморфологических и климатических факторов обуславливает наличие в Беринговом море суперпопуляций минтая, сельди, а также значительных запасов трески, камбал, бычков, лососей и других промысловых рыб, ракообразных, кальмаров, морских млекопитающих и птиц. 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. В целом западную и восточную части Берингова моря, а точнее глубоководную и шельфовую, можно рассматривать в качестве больших морских экосистем (Large Marine Ecosystem – LME или БМЭ) [Sherman, Alexander, 1986; Sherman, 1991].

Несмотря на более суровые условия в северо-западной части Берингова моря, этот район вследствие высоких и стабильных запасов кормовых ресурсов является благоприятным для нагула многих видов рыб: минтая, лососей, трески, сельди, мойвы, сайки и др. [Волков, 2012а, б, 2015а, 2016а; Шунтов, 2016а; Шунтов, Иванов, 2019]. На обширном теплом юго-восточном мелководье, кроме того, формируются более благоприятные кормовые условия для молоди рыб, а следовательно, для воспроизводства и пелагических, и донных видов [Шунтов, Темных, 2008а; Шунтов, Иванов, 2019]. Глубоководные районы также благодаря стабильным и значительным запасам кормовых ресурсов и обширному пространству привлекательны для нагула тихоокеанских лососей, для которых характерна стратегия рассеянного (некосячного) обитания [Шунтов и др., 2010; Шунтов, Темных, 2011], личинок и молоди донных видов рыб (в частности, северного однопёрого терпуга, угольной рыбы), кальмаров, мезопелагических рыб, видов южнобореально-субтропического комплекса (сайра, сардина, морской лещ), а также минтая и сельди восточно- и западноберингоморских стад в периоды их сверхвысокой численности.

Берингово море является к тому же и одним из наиболее изученных районов Мирового океана. К настоящему времени опубликованы тысячи работ по отдельным аспектам функционирования видов или сообществ в целом. Масштабное изучение биоресурсов Берингова моря и закономерностей их формирования было начато в конце 1950-х гг. по итогам проведения научно-промысловой экспедиции ТИНРО-ВНИРО, результаты которой опубликованы в 5 томах [Советские рыбохозяйственные исследования..., 1963–1965, 1970]. Биологические исследования в рамках данной экспедиции имели преимущественно поисковый характер и аутэкологическую направленность, т.е. изучение пространственного распределения, выявление основных мест концентраций и описание особенностей экологии отдельных видов. Позднее, начиная с конца 1970-х гг., а американскими учёными начали разрабатываться основы экосистемного изучения Берингова моря [Laevastu et al., 1979; Laevastu, Larkins, 1981; Low, 1983].

Принципиально новый этап в изучении биоты Берингова моря отечественными учёными наступил в 1980-е гг. с введением В.П. Шунтовым принципа экосистемных исследований. За несколько лет проведения экосистемных съёмок в западной и центральной частях Берингова моря были получены тотальные оценки численности большинства гидробионтов на шельфе, свале глубин, в эпи- и мезопелагиали, оценена кормовая база, рассчитаны объёмы 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]. Эти исследования сопровождались масштабным изучением особенностей формирования первичной продукции [Сапожников, 1995; Сапожников и др., 1995а, б; Сапожников, Налетова, 1995] и океанологического режима [Хен, 1988; Верхунов, 1995].

Внедрение экосистемного подхода было высоко оценено и принято к практике зарубежными исследователями. Так, в конце 1990-х – начале 2000-х гг. в США была начата программа по экосистемному изучению восточной части Берингова моря, по результатам которой были предложены различные гипотезы формирования урожайных и неурожайных поколений минтая [Wyllie-Echeverria, Wooster, 1998; Napp et al., 2000; Weststad, 2000; Hunt et al., 2002; Mueter et al., 2006; Coyle et al., 2011] и изменений в сообществах под влиянием смены климатических режимов [Mueter, Litzow, 2008; Hunt et al., 2011; Hollowed et al., 2012; Eisner et al., 2014, 2016; Parker-Stetter et al., 2016; Duffy-

Anderson et al., 2017]. В это же время в течение двух 5-летних циклов проводились совместные работы по изучению тихоокеанских лососей по программам BASIS-1 и BASIS-2. Результаты этих экспедиций в массе опубликованы в различных изданиях, по российской же части работ основные публикации были сведены в отдельном томе Известий ТИНРО (2007, т. 151).

В настоящее время по западной части Берингова моря 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, 2016а; Шунтов, Темных, 2008а, б], отразившиеся на составе и структуре нектонных сообществ, в том числе эпипелагиали, анализ современного состояния сообщества нектона эпипелагиали западной части Берингова моря представляется весьма актуальным.

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

Степень разработанности темы. Изучению отдельных сообществ и экосистемы Берингова моря в целом посвящено большое количество работ как российских, так и зарубежных исследователей. Тем не менее благодаря ежегодным мониторинговым работам Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») в западной части Берингова моря сформирована уникальная база данных качественного и количественного состава нектонных сообществ эпипелагиали с сопутствующими данными фоновых условий и питания гидробионтов. На основании этого массива информации опубликованы крупные сводки о принципах функционирования эпипелагических сообществ, которые базируются преимущественно на материалах, собранных в экспедициях ТИНРО во второй половине 1980-х и первой половине 1990-х гг. [Шунтов и др., 1993; Радченко, 1994; Баланов, 1995; Шунтов, Дулепова, 1995; Волков, 1996а; Шунтов, 2001, 2016а; Дулепова, 2002; Audin et al., 2002; Чучукало, 2006].

Благодаря экспедициям, проводимым в современный период, начиная с 2000-х гг. продолжение подобных исследований стало возможным. На фоне очевидных изменений и колебаний климата, а также перестроек в структуре сообществ [Шунтов, Темных, 2008б, в; Иванов, 2013] современные данные существенно дополняют 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 западной части Берингова моря. Для достижения цели последовательно решались следующие задачи:

1. Уточнить таксономический состав нектона эпипелагиали западной части Берингова моря 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 западной части Берингова моря 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 западной части Берингова моря 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. На основании обширных материалов комплексных траловых съемок нектона (3823 траления) выполнено обобщение по составу и структуре нектона в эпипелагиали западной части Берингова моря в современный период.

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 западной части Берингова моря, 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 западную часть Берингова моря и из неё. Представлены схемы трофической структуры нектона для анадырско-наваринского района и показано, что даже в период массовых миграций минтая в данный район общее потребление продукции кормового зоопланктона составляло не более 30 %. Это в свою очередь опровергает мнения о преобладающей роли кормовой базы как регулятора успешности и продолжительности нагула минтая в анадырско-наваринском районе.

На основании анализа данных по межгодовой изменчивости нектона в современный период сделан вывод о тенденции к уменьшению концентрации нектона в глубоководных районах западной части Берингова моря, обусловленной не лимитирующими факторами среды или обилием пищевых ресурсов, а снижением интенсивности миграции нагульных тихоокеанских лососей по причине изменчивости водообмена с Тихим океаном и сокращении численности основных стад, нагуливающих в западной части Берингова моря.

Теоретическая и практическая значимость

Представленные результаты исследований о межгодовых и сезонных изменениях видовой и трофической структуры nekтона 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 быть использованы 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 nekтона могут быть использованы для планирования специализированных исследований по изучению конкретных объектов промысла в периоды их максимальных и минимальных концентраций в западной части Берингова моря.

Результаты диссертации имеют общебиологическое значение и могут быть положены в основу при расчетах в трофологических и продукционных исследованиях, т.е. представлять интерес для специалистов рыбного хозяйства, а также служить в качестве справочного пособия для студентов по специальностям ихтиология и морская экология.

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 применяются при изучении nekтона [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 nekтона 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 студентов и аспирантов «Проблемы Арктического региона» (Мурманск, 2014); 3-й международной конференции «Современное состояние водных биоресурсов» (Новосибирск, 2014); 9-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых (с международным участием) по проблемам водных экосистем «Понт Эвксинский – 2015» (Севастополь, 2015); второй научной школе молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвященной 100-летию со дня рождения И.Б. Бирмана по теме «Комплексные исследования водных биологических ресурсов и среды их обитания» (Москва-Звенигород, 2015); 5-й научно-практической конференции молодых учёных с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса» (Москва, 2017); молодежной научной конференции «Комплексные исследования Мирового океана» (Москва, 2017); 31-м международном симпозиуме «Impacts of a Changing Environment on the Dynamics of High-latitude Fish and Fisheries» (Анкоридж, США, 2017); третьей всероссийской школе молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии «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» (Victoria, Canada, 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 сокращений и обозначений и списка использованной литературы, приложений. Общий объем диссертации – 229 страниц. Основной текст изложен на 211 страницах, диссертация включает 81 рисунок, 13 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. Благодаря нему у меня сложился критический подход к анализу данных и литературных источников и сформировалось научное мировоззрение. Считаю приятным долгом выразить благодарность моему первому научному руководителю д.б.н. В.В. Суханову, считаю личной удачей, что еще на этапе написания моих первых курсовых работ он заложил фундамент в применение нестандартных и оригинальных методов обработки биологических данных. Искренне благодарен коллегам по институту за плодотворную и квалифицированную работу по сбору и первичной обработке материалов в ходе многочисленных морских экспедиций, особую благодарность выражаю руководителям Берингоморских экспедиций к.б.н. И.И. Глебову и к.б.н. А.Н. Старовойтову, которые суммарно успешно провели более 20 экспедиций. 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 благодарен к.б.н. Е.В. Брагиной и к.б.н. В.В. Кулику за помощь в освоении принципов моделирования и программирования на языке R. Считаю долгом отдельно поблагодарить своих коллег к.б.н. А.Н. Канзепарову, Д.С. Курносова, В.И. Поляничко, к.г.н. А.С. Курносову, к.г.н. К.К. Кивву, П.О. Емелина, к.б.н. В.И. Радченко, С.С. Пономарева, В.Е. Метревели, к.б.н. В.А. Шевлякова, к.б.н. Е.А. Шевлякова, к.б.н. Е.А. Пахомова, д.б.н. Е.П. Дулепову за их поддержку. 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.

Глава 1 Материалы и методы

1.1 Район работ и материалы

Район работ охватывает западную часть Берингова моря в пределах 200-мильной экономзоны России (рис. 1.1.1). 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. 1.1.2). Данные ландшафтные зоны являются объединением нескольких биостатистических районов, принятых в практике экосистемных исследований ТИНРО [Волвенко, 2003]. Общая площадь исследуемой акватории составила около 721 тыс. км².

Исходным материалом для анализа нектонных сообществ послужили фактические данные о видовом составе и обилии гидробионтов в пелагических траловых уловах, собранные при проведении комплексных экспедиций ТИНРО в российской экономической зоне Берингова моря в 1986–2021 гг. При выполнении учетных траловых съемок также проводился комплекс океанологических, планктонных и трофологических исследований. Конкретные количественные данные по нектону были получены из обширной базы данных ТИНРО, которая включает в себя материалы по всем дальневосточным морям и сопредельным водам Тихого океана. Всего были отобраны материалы 3823 тралений, выполненных в 49 экспедициях в период с 1986 по 2021 г. (табл. 1.1.1, Приложение 1).

Выборка из базы данных осуществлялась по нескольким критериям:

- 1) район работ – Берингово море;
- 2) период работ – лето-осень (с 01 июня по 30 ноября);
- 3) судно проводило научно-исследовательские работы и выполняло траления по регулярной сетке станций;
- 4) слой облова – эпипелагические траления (горизонт хода трала – не глубже 200 м);
- 5) время траления – не менее 15 мин и не более 3 час.

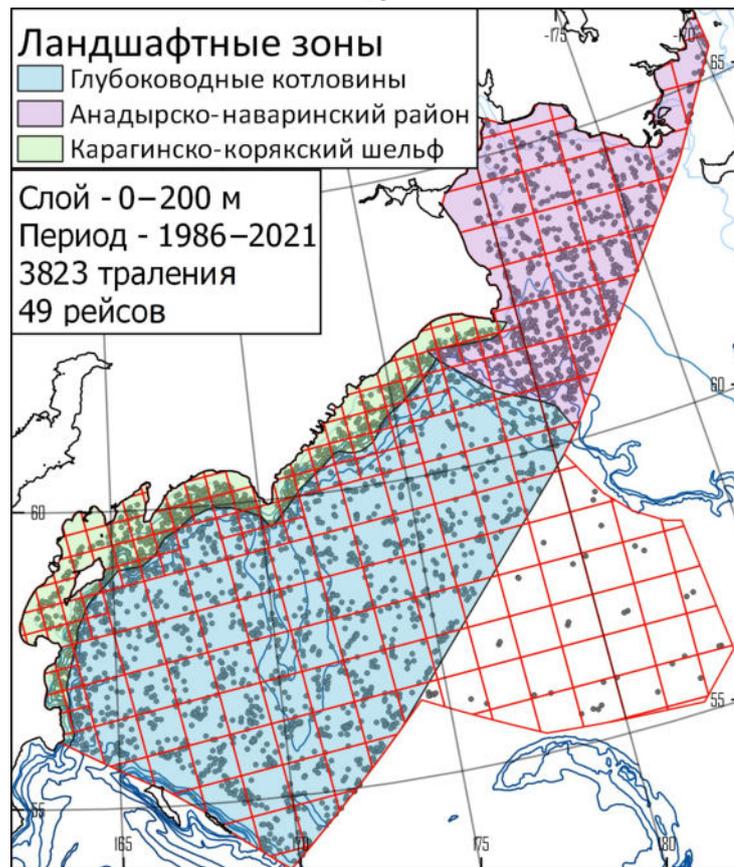


Рис. 1.1.1. Карта-схема района работ

После выборки из базы данных траления также были подразделены на верхнеэпипелагические (горизонт хода трала менее 50 м) и нижнеэпипелагические (горизонт хода трала от 50 до 200 м).

Отметим: понимая, что термин «эпипелагиаль» [Парин, 1968] означает водную толщу до глубины 200 м за пределами шельфа, мы используем в работе и неритическую зону (неритическая пелагиаль), поскольку многие виды рыб и кальмаров регулярно пересекают границы двух биотопов, и исследовательские траловые экспедиции также проводятся без учета разделения на данные биотопы. Поэтому в дальнейшем под эпипелагиалью мы понимаем как эпипелагиаль в трактовке Н.В. Парина [1968], так и неритическую эпипелагиаль.

Распределение количества тралений по слоям и периодам не было равномерным: наибольшее количество станций было отработано в конце 1980-х и с начала 2000-х гг., в 1990-е гг. количество экспедиционного времени было минимальным (рис. 1.1.3). Наибольшее количество тралений выполнено в сентябре и октябре, а наименьшее в ноябре (рис. 1.1.3). Данные за все время наблюдений были разделены на периоды лет, которые можно назвать следующим образом:

- 1986–1990 гг. (минтаевый период);

- 1991–2002 гг. (переходный период);
- 2003–2021 гг. (лососевый период).

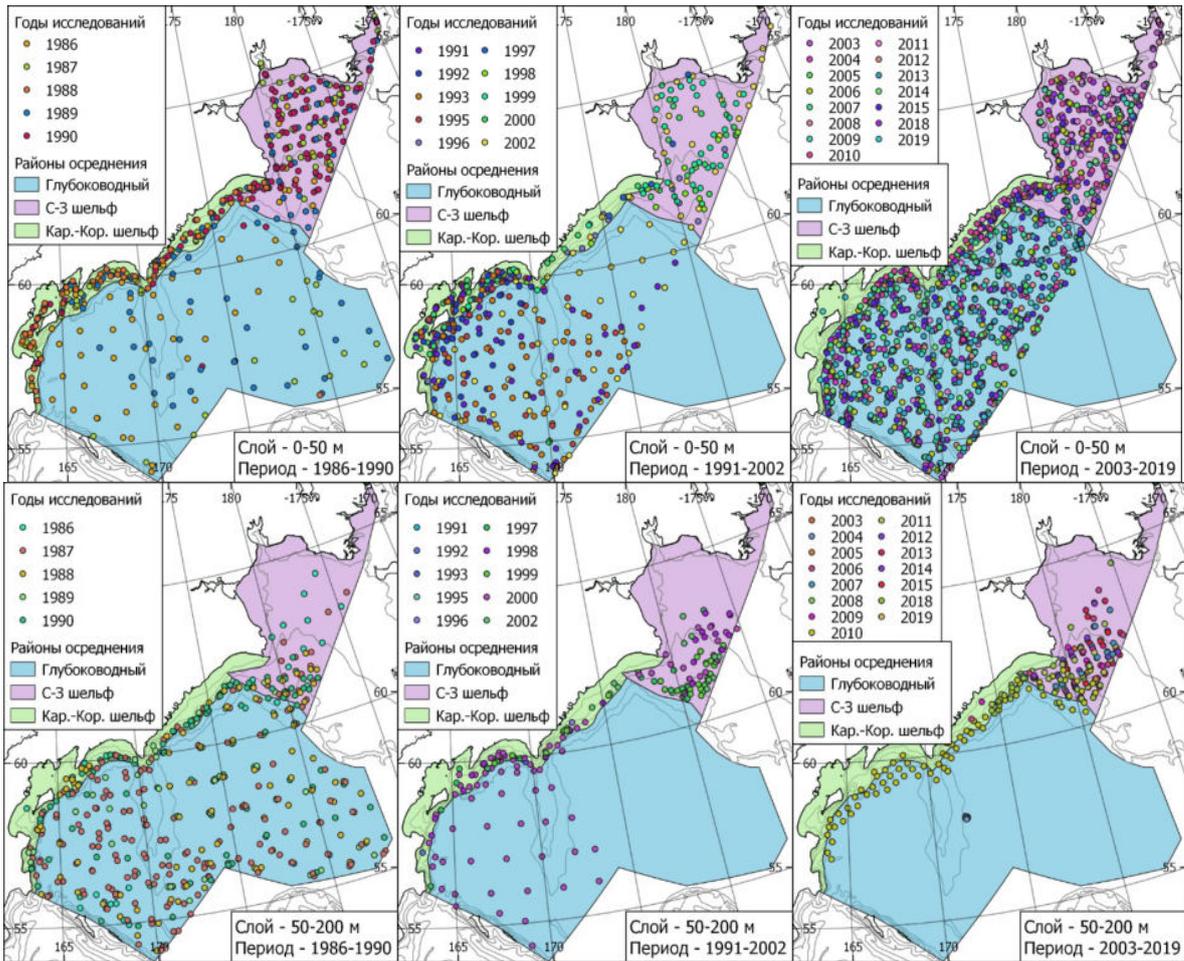


Рис. 1.1.2. Распределение тралений в верхней (0–50 м) и нижней (50–200 м) эпипелагиали западной части Берингова моря в 1986–1990, 1991–2002 и 2003–2019 гг.

В основе разделения материала по периодам лет лежат представления о перестройках в экосистемах дальневосточных морей, произошедших за это время [Шунтов и др., 2007; Шунтов, 2016а; Шунтов, Темных, 2008а]. В.П. Шунтов в ходе анализа многолетней динамики рыбопродуктивности дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана выявил общую для всех регионов закономерность в виде направленных перестроек в структуре нектонного сообщества, в результате чего были выделены три периода: 1980–1990, 1991–1995, 1996 – начало 2000-х. Однако периодизация динамики эпипелагического нектона принята сразу для всех дальневосточных морей, а не отдельно по каждому морю, в которых динамика нектонного сообщества имела свои особенности. В настоящей работе в результате периодизации многолетней динамики нектона Берингова моря были выделены указанные выше периоды лет (1986–1990, 1991–2002, 2003–2021 гг.).

Количество выполненных тралений в эпипелагиали западной части Берингова моря

Район	Слой, м	Период	Кол-во тралений
Глубоководная котловина	0–50	1986–1990	96
		1991–2002	211
		2003–2021	1342
	50–200	1986–1990	325
		1991–2002	35
		2003–2021	85
Северо-западный шельф	0–50	1986–1990	199
		1991–2002	91
		2003–2021	462
	50–200	1986–1990	62
		1991–2002	82
		2003–2021	147
Карагинско-корякский шельф	0–50	1986–1990	185
		1991–2002	143
		2003–2021	183
	50–200	1986–1990	82
		1991–2002	66
		2003–2021	27

Распределение количества тралений по слоям и периодам не было равномерным: наибольшее количество станций было отработано в верхней эпипелагиали в 2003–2021 гг. (1987 тралений), а наименьшее – в нижней эпипелагиали в 1991–2002 гг. (183 траления) (табл. 1.1.1).

Величины обилия для видов, совершающих суточные вертикальные миграции и встречающихся в уловах только в ночное время, были рассчитаны только по ночным тралениям. Как правило, отметка о том, что траление было ночным, присутствует в траловой карточке, однако были обнаружены пропуски, а также спорные моменты. Для идентификации темного времени суток был применен алгоритм расчета угла солнечного склонения, разработанный NOAA [Solar Calculator NOAA], который использует данные о времени и координатах траления. Отрицательный угол склонения обозначал ночное траление, положительный – дневное. Относительно времени суток количество выполненных тралений было распределено равномерно (рис. 1.1.3): 36 % – темное время суток (угол склонения солнца менее -5°), 20 % – сумеречное время (угол склонения от -5 до 5°), 44 % – дневное время (угол склонения более 5°).

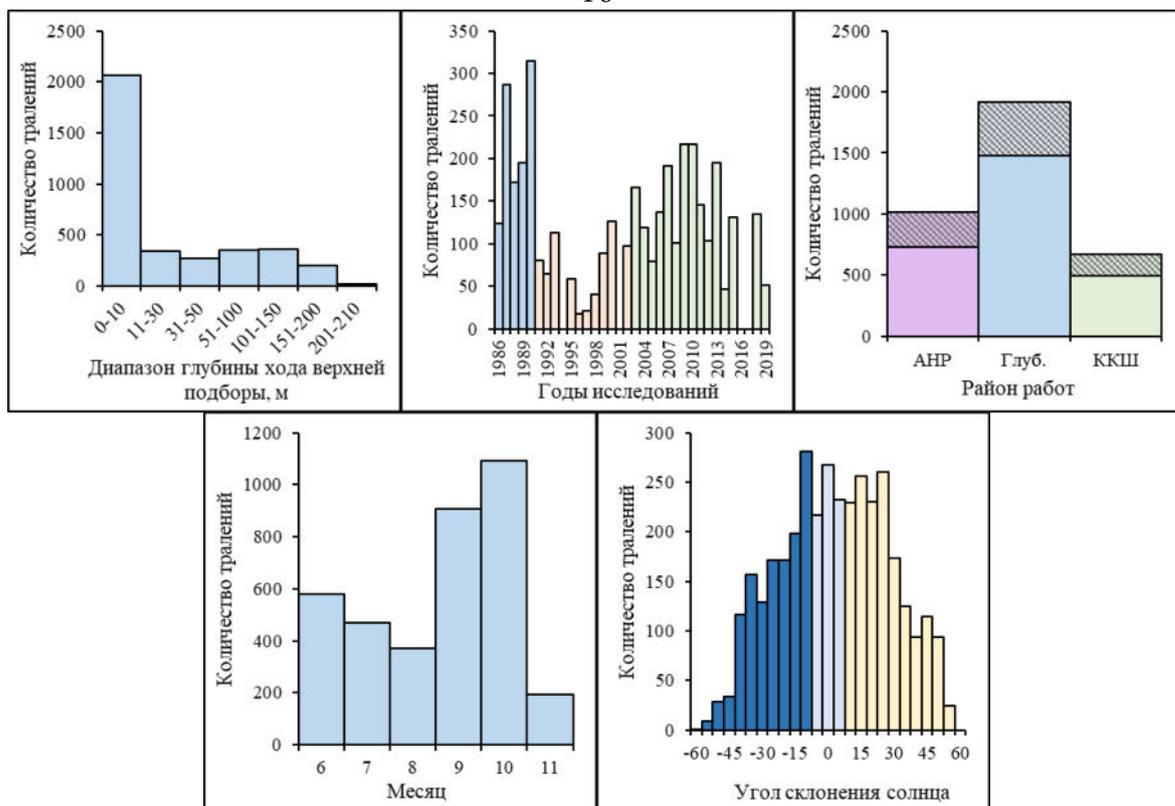


Рис. 1.1.3. Распределение количества выполненных тралений относительно различных параметров

К «ночным» были отнесены следующие виды нектона: *Boreoteuthis borealis*, *Stenobrachius leucopsarus*, *Leuroglossus schmidtii*, *Scopelosaurus harryi*, *Lipolagus ochotensis*, *Diaphus theta*, *Lestidiops ringens*, *Tarletonbeania crenularis*, *Symbolophorus californiensis* и ряд других (Приложение 2).

1.2 Первичная обработка данных

Улов каждого траления идентифицировали по возможности до вида, взвешивали и промеряли. За период исследований работы выполняли на различных типах судов и, соответственно, применяли различные орудия лова. Суда типа БАТМ и РТМС (табл. 1.1.1) преимущественно применяли трал РТ 118/620 или РТ 108/528 (среднее горизонтальное раскрытие – 70 м, вертикальное – 50 м), на судах типа НИС использовали тралы РТ 80/396 (среднее раскрытие 45/33 м), реже РТ 57/360 (среднее раскрытие 40/34 м). Скорость тралений в среднем составляла от 3 до 7 уз, в среднем 4,6 уз, при средней площади облова трала за 1 час 0,64 км² (БАТМ и РТМС) и 0,42 км² (НИС). До начала 2000-х гг. данные по горизонтальному раскрытию трала были рассчитаны на основе данных о вертикальном раскрытии и впоследствии пересчитаны по формулам, разработанным для каждого типа трала [Макрофауна..., 2012]. Начиная с

2000-х гг. контроль за параметрами трала осуществлялся с помощью акустической системы Simrad FS 20/FS 70, которая способна измерять как вертикальное, так и горизонтальное раскрытие трала.

Численность и 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 следующим формулам:

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

где M и N – биомасса и численность вида на единицу площади, кг/км², экз./км²; m – масса вида в улове, кг; n – численность вида в улове, экз.; 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.

Коэффициенты уловистости получены как путем реальных наблюдений за уловистостью трала – для миктофид [Попков, 1986], так и сопоставлением данных траловых съемок с данными промыслового вылова [Шунтов, 1994; Шунтов и др., 1995; Шунтов, Темных, 1996], а также с помощью экстраполяции и аналогии по сведениям о размерах и поведении гидробионтов [Науменко, 1986; Баланов, Ильинский, 1992]. Данные о применяемых в настоящем исследовании коэффициентах уловистости представлены в табл. 1.2.1 и Приложении 2.

Таблица 1.2.1

Группа видов	Коэфф. уловистости		Размер, см	
	Взросл.	Молодь*	Взросл.	Молодь*
ТО лососи + мальма	0,3	0,4	> 30	<=30
Кальмары	0,1	0,01	>8	<=8
Сельдь	0,4	0,2	>14	<=14
Минтай	0,4	0,1	>7	<=7
Сев. одн. терпуг	0,4	0,2**	>5*	<=5
Мойва	0,1	0,05	>11	<=11
Донные виды рыб	0,5	0,01	>5	<=5
Трехиглая колюшка	0,5			
Мезопелагические рыбы	0,1			
Остальные	0,5	0,5		

*Под молодь имеются в виду сеголетки, посткатадромная молодь лососей, личинки и молодь различных видов рыб и кальмаров.

**Северный одноперый терпуг больше 5 см – молодь, менее 5 см – личинки с $K_u = 0,01$.

Всего за период исследований был идентифицирован 131 вид нектона, однако для анализа видовой структуры нектона (с учетом обилия видов) на уровне вида учитывались лишь наиболее встречаемые и массовые из них. Остальные, редко встречаемые в уловах виды и составляющие доли процентов от общей биомассы были сгруппированы по различным признакам – классификационным или функциональным.

При анализе таксономического состава нектона в 2003–2021 гг. мы разделили все зарегистрированные в уловах виды по встречаемости на пять групп: «случайные», «редкие», «обычные», «частые», «константные». Термин «константные» заимствован из обзора А.И. Баканова [1987] и, на наш взгляд, наиболее удачно характеризует наиболее часто встречаемых видов. Разделение на группы проводили по классификации Ю.А. Песенко [1982] в интерпретации В.В. Горбач, К. Сааринена [2012, табл. 1]. Отнесение вида к той или иной категории проводилось путем сопоставления количества встреч данного вида с общим количеством тралений, возведенным в определенную степень. Степень устанавливалась для каждой группы отдельно: для случайных видов верхним пределом встречаемости был $N^{0.3}$, для редких – $N^{0.5}$, для обычных – $N^{0.7}$, для частых – $N^{0.9}$, для константных – N , где N – количество выполненных станций.

1.3 Осреднение данных и картографическая обработка

В разделе 1.1 указано, что периодизация многолетней динамики нектона западной части Берингова моря сделана по трем биотопам с помощью метода классификации многомерным шкалированием [Иванов, Суханов, 2002; Суханов, Иванов, 2009]. Для сравнения видовой структуры нектона в различные годы исследований использовались величины, обратные рангу вида. Таким образом, обилие каждого вида находилось в пределах от 0 до 1, виду, занимающему первый ранг в видовой структуре, присваивалось значение 1, второму виду – 0,5, третьему – 0,33 и т.д. Проверка многомерного шкалирования проводилась также методом к-средних. Также при выделении периодов во внимание бралась типизация лет, предложенная В.П. Шунтовым [Шунтов и др., 1997, 2007], – 1980–1991, 1991–1995, 1996–2005, 2006–2009.

Для пространственного анализа и расчетов тотальных величин данные по нектону и зоопланктону были сгруппированы темпорально (помесячно или по периодам лет) и пространственно (по стратам, квадраты со стороной 45 морских миль на большей части рассматриваемого района и малые квадраты со стороной 22,5 мили в районе карагинско-корякского шельфа и мыса Наварин) (см. рис. 1.1.1).

Для расчета тотальной биомассы нектонных организмов и построения карт распределения был использован картографический метод цифровой модели поверхности [Суханов, 2008]. Эта поверхность описывает пространственное распределение обилия данного вида или группы видов на рассматриваемой акватории. Картографические расчеты проводили в GS Surfer 13 и QGIS 3.4 с применением авторских скриптов на языках BASIC и Python для быстрой обработки больших массивов данных.

Алгоритм расчета тотальной биомассы состоял из вычисления двух компонент пространственного распределения вида – встречаемости и биомассы по результативным тралениям. Схематически алгоритм расчета биомассы и пространственного распределения представлен на рис. 1.3.1. Для расчета тотальной биомассы рассчитанную поверхность ($\text{кг}/\text{км}^2$) интегрировали с учетом общей площади района [Суханов, 2008].

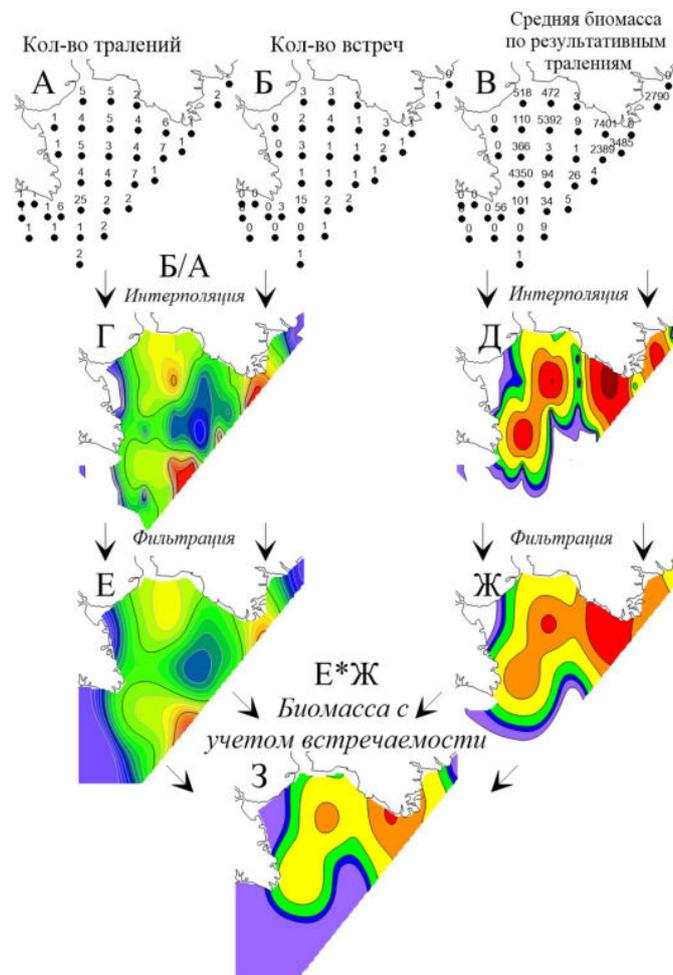


Рис. 1.3.1. Алгоритм расчета биомассы нектонных и планктонных организмов: **А** – количество тралений по стратам, **Б** – количество результативных тралений по стратам, **В** – средняя биомасса по результативным тралениям в стратах, **Г** – цифровая поверхность встречаемости вида, **Д** – цифровая поверхность биомассы по результативным тралениям, **Е** – отфильтрованная от «шумов» цифровая поверхность встречаемости, **Ж** – отфильтрованная от «шумов» цифровая поверхность биомассы по результативным тралениям, **З** – цифровая модель биомассы вида с учетом его встречаемости

Для анализа видовой структуры использовали петерсеновскую интерпретацию данного понятия, т.е. в виде статистического ансамбля регулярно повторяющейся группы совместно встречающихся видов, опознаваемой (и называемой) по бросающимся в глаза многочисленным и наиболее характерным видам [Несис, 1977; Иванов, Суханов 2002; Суханов, Иванов 2009; Иванов 2013]. Видовую структуру рассчитывали на основе цифровых моделей поверхности массовых видов (рис. 1.3.1), которые загружались в QGIS, где на них накладывалась гексагональная сетка размерностью 1 град. и площадью 0,87 град. Для каждого узла сетки высчитывались средние значения биомассы для каждого вида и строились круговые диаграммы соотношения биомасс видов в данном узле сетки.

Также в отдельных случаях использовали мёбиусовский подход к анализу видовой структуры [Иванов, 2013], т.е. учитывали биценотические связи между видами в сообществе. В частности, в работе представлен анализ трофической нагрузки на кормовые ресурсы в различные периоды лет, а также приведена трофическая структура нектонного сообщества анадырско-наваринского района в современный период. Для этих целей были использованы материалы планктонологической и трофологической баз данных, а также опубликованные материалы по спектрам питания и рационам массовых видов нектона.

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

Биомассу и пространственное распределение зоопланктона рассчитывали тем же способом, что и нектона: сгруппировали по стратам за определенный промежуток времени, рассчитали цифровые модели поверхности по встречаемости и по биомассе положительных уловов с последующим перемножением этих поверхностей. Далее, полученные цифровые модели биомассы видов конвертировали из объемных единиц (мг/м^3) в площадные (кг/км^2) путем умножения на цифровую поверхность «высоты столба процеженной воды», которая являлась повторением распределения глубин в шельфовых районах, а при глубине более 200 м узлам сетки присваивалось значение 200. Полученные цифровые модели поверхности биомассы зоопланктона каждой массовой группы (копеподы, эвфаузииды, амфиподы, щетинкочелюстные, птероподы, мизиды, желетелые) умножали на полугодовой Р/В-коэффициент, в итоге получали карты распределения полугодовой продукции каждой группы зоопланктона за период лет. Тотальный объем продукции/биомассы по районам/периодам лет был рассчитан путем интегрирования относительных величин на площадь района.

Второй этап анализа уровня потребления кормовой базы (зоопланктона) заключался в расчете объемов потребления зоопланктона nektonными организмами за полгода. Для этого были использованы величины суточных пищевых рационов, а также доли зоопланктонной пищи из опубликованных источников и трофологической БД ТИНРО. Исходя из этих коэффициентов были рассчитаны С/В-коэффициенты (отношение количества потребляемого корма к средней биомассе вида-потребителя) за полугодовой период. Впоследствии были рассчитаны цифровые модели поверхности объемов полугодового потребления зоопланктона массовыми видами путем умножения поверхностей биомассы на С/В-коэффициент. Тотальный объем потребления по районам/периодам лет был рассчитан путем интегрирования относительных величин на площадь района.

Итоговые карты распределения объемов потребления кормовой базы (зоопланктона) рассчитывались как отношение цифровой модели поверхности потребления к продукции зоопланктона.

При анализе трофической структуры nekтона анадырско-наваринского района (АНР) использовали первичные данные о питании массовых видов nekтона в АНР, а также рассчитали продукцию потребителей и кормовых объектов. Всего проанализировано 15174 желудка, из них 5732 – минтай, 2860 – кета, 2022 – сельдь, 1755 – мойва, 2805 – мезопелагические рыбы. Спектры питания были рассчитаны для каждого указанного вида ежемесячно и по размерным группам (сельдь, мойва и мезопелагические рыбы не подразделялись на размерные группы). 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 nekтона-потребителя, k – размерная группа вида-потребителя, m – месяц.

Общий суточный объем потребления кормовой базы в месяц m :

$$C_m = \sum c_{ijklm}.$$

Месячный объем потребления:

$$C_m = C_m * 30.$$

Общий суммарный объем потребления кормовой базы за летне-осенний период:

$$C = \sum_{m=1}^{22} C_m.$$

Данные по суточным пищевым рационам массовых видов nekтона 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).

Помимо данных об объемах потребления кормовых объектов была рассчитана их месячная продукция с использованием P/B-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 – P/B-коэффициент вида i .

Трофическая нагрузка на кормовые объекты рассчитывалась как отношение объемов потребления данного объекта к его продукции за определенный промежуток времени (месяц или весь летне-осенний период). Это соотношение также можно охарактеризовать термином «экотрофический коэффициент», используемый в модели ЕСОРАТН. Соответственно, если экотрофический коэффициент менее единицы, то объемы потребления ниже продукции, если коэффициент равен единице, то утилизируется вся продукция, если коэффициент превышает единицу, то это означает, что потребление выше продукции. В случаях, когда экотрофический коэффициент значительно превышает единицу, это может свидетельствовать о недоучете биомассы данного вида. В настоящей работе такое значительное превышение было отмечено для микронектона и был произведен обратный перерасчет биомассы и продукции с использованием фиксированного экотрофического коэффициента 0,95.

При рассмотрении межгодовой динамики nekтона в современный период, факторов, ее обуславливающих, и предположительных вариантов дальнейшего развития экосистемы Берингова моря был проведен анализ изменчивости ледовитости Берингова моря, а также межгодовой изменчивости циркуляции Берингова моря и положения Алеутского минимума.

Для анализа климатических особенностей, определяющих термику Берингова моря на грядущий год, были использованы данные реанализа приземного давления Национального Центра Атмосферных Исследований (NCEP-NCAR) (<https://www.psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>) 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. Были вычислены площади распространения льда для каждого года. Если площадь была больше, чем среднемноголетнее значение на 10 % и более, то год считался холодным, если площадь льда на 10 % и более была ниже среднемноголетнего – тёплым, если площадь льда отклонялась менее чем на 10 % от среднемноголетнего, то год считался средним по ледовитости. Типизация по ледовитости проведена для всего Берингова моря, а также для западной и восточной частей отдельно.

Интенсивность циркуляции вод Берингова моря оценена на основе данных трехмерного реанализа океана, учитывающего спутниковые альтиметрические данные по высоте поверхности океана, спутниковые данные по температуре поверхности океана и *in situ* измерения вертикального распределения температуры и солености [Guinehut et al., 2012]. Реанализ получил название ARMOR3D, разрешение реанализа – $0,3^\circ \times 0,3^\circ \times 1$ мес. Данные взяты с портала <https://marine.copernicus.eu>. Для анализа выбраны несколько разрезов, пересекающих основные течения района исследований: Аляскинское струйное (АСТ), Берингоморское склоновое (БСТ), Восточно-Камчатское (ВКТ). Дополнительно оценен перенос воды в наиболее крупных проливах Берингова моря – Камчатском и Ближнем. 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 NOAA (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.

Все показатели, использованные для сравнения, проверяли на их соответствие нормальному распределению, используя визуальную оценку и тесты Колмогорова-Смирнова

и Шапиро-Уилка. При необходимости данные преобразовывали для максимального приведения к нормальному распределению, используя метод Бокса-Кокса. Данные всех показателей, а также параметры их преобразования λ указаны в Приложении 6.

Глава 2 Физико-географическая характеристика района работ

2.1 Морфометрические характеристики

Берингово море является самым северным окраинным морем Тихого океана (рис. 2.1.1). На западе омывает берега Евразии (п-ов Камчатка, п-ов Чукотка), на востоке – берега Северной Америки (п-ов Аляска). С юга море ограничено Алеутской островной грядой, а также Командорскими островами.

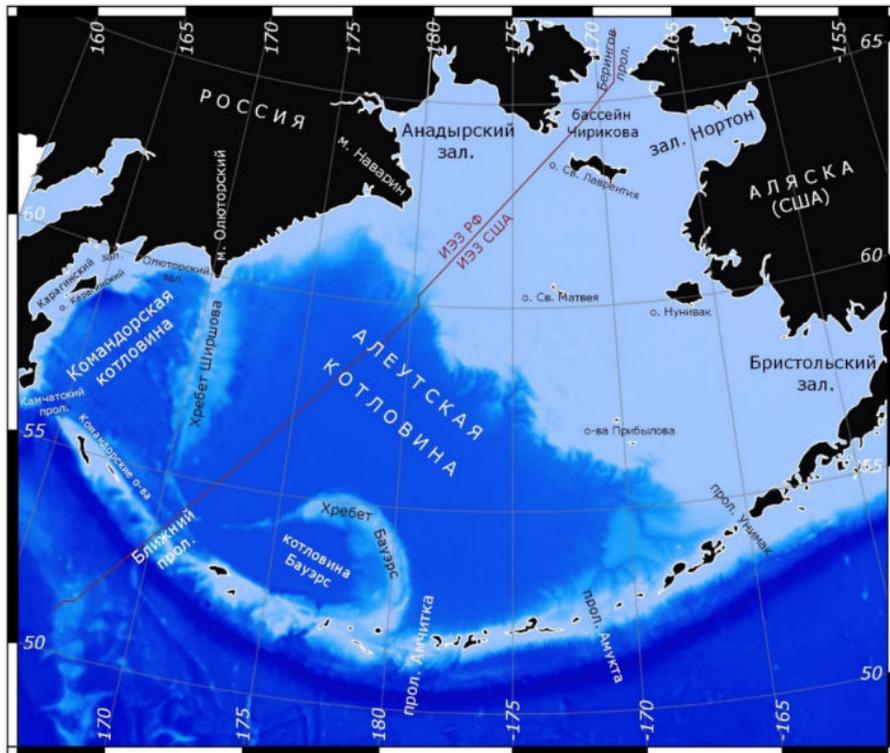


Рис. 2.1.1. Карта Берингова моря с указанием основных географических объектов, интенсивностью голубой заливки указана глубина

Наличие большого количества проливов, многие из которых достаточно глубокие, позволяет отождествлять его с большим заливом Тихого океана [Гидрометеорология и гидрохимия морей..., 1999]. На севере через мелководный (глубины около 50 м) Берингов пролив осуществляется водообмен с Северным Ледовитым океаном. Морфометрические характеристики моря известны как по литературным [Удинцев и др., 1959; Ларина, 1968], так и по расчетным данным (GEBCO). Общая площадь моря составляет 2265 тыс. км², его западной части – 712 тыс. км², восточной – 1553 тыс. км² (разделение по границе ИЭЗ РФ и США). Медианная глубина Берингова моря составила 1756 м, западной части – 2080 м, восточной – 1605 м. Таким образом, объем воды

Берингова моря составляет 3,98 млн км³, западной части – 1,48 млн км³, восточной – 2,50 млн км³.

Отличительной особенностью Берингова моря является характер рельефа дна (рис. 2.1.1): разделение примерно на равные по площади материковую отмель (северо-восточная часть) и глубоководное ложе (юго-западная часть), при этом площади этих зон практически равны (соответственно 45,4 и 41,8 %). Разделяет эти две крупные формации свал глубин, составляющий по площади 12,8 % (при учете, что за свал приняты глубины от 200 до 2500 м). Западная и восточная части моря по соотношению площадей данных ландшафтных зон различаются. В западной части моря 51,0 % приходится на глубоководное ложе, 33,9 % – на шельф и 15,1 % – на свал глубин, при этом основные площади шельфовой зоны расположены на северо-западе – в районе зал. Анадырь. В восточной части моря, наоборот, наибольшая площадь приходится на шельф – 50,7 %, на глубоководное ложе – 37,6 %, на свал глубин – 11,7 %.

2.2 Климат

Климатические условия Берингова моря, расположенного в субарктической зоне между Азией и Северной Америкой и двумя океанами (Тихий и Северный Ледовитый), можно назвать суровыми, но с различной степенью выраженности в разных частях моря. Азиатская часть моря – более холодная, и в ней выражены черты резко континентального климата, а в восточной преобладают черты более теплого морского климата. Особенность климата Берингова моря заключается не в интенсивности солнечной радиации, а в количестве тепла, приносимого извне в виде перемещения воздушных масс, и интенсивности водообмена с Тихим океаном, главным звеном которого является Аляскинское течение [Ezer, Oey, 2010].

В течение всего года Берингово море находится под влиянием сезонных центров действия атмосферы (ЦДА), которые определяют характер ветрового переноса и, как следствие, основные черты синоптических процессов над Беринговым морем и всей северной Пацификой. В теплое время года к таким ЦДА относятся Дальневосточная депрессия и Северо-Тихоокеанский (Гонолульский) максимум, в холодное — Алеутская депрессия и Сибирский максимум [Stabeno et al., 1999; Шунтов, 2001; Глебова, 2002; Глебова и др., 2009; Pickart et al., 2009]. Зимние условия над северной Пацификой оказывают решающее влияние на ледовитость, термику и структуру вод Берингова моря

в течение всего года. В целом динамика метео-климатических и океанологических региональных событий в определенной степени сопряжена с глобальными процессами планетарного масштаба, например, такого типа, как суперявление Эль-Ниньо и Ла-Нинья [Niebauer, 1988; Mantua et al., 1997]. Динамика ЦДА над северной Пацификой является проявлением глобальных климатических процессов второго порядка [Шунтов, 2001], известной как Северо Тихоокеанское атмосферное колебание (PDO) [Mantua et al., 1997].

В зимнее время синоптическая ситуация в Беринговом море (которая впоследствии определяет и летние условия) сводится к взаимодействию двух ЦДА – Алеутского минимума, Сибирского максимума (антициклона). Градиент между указанными ЦДА определяет пути и интенсивность штормов в Беринговом море [Overland, 1981], основной путь циклонов – с юго-запада на северо-восток вдоль субарктического фронта.

Сибирский максимум является квазипостоянным и квазистационарным барическим образованием, формирующимся в зимний период за счет радиационного выхолаживания нижней тропосферы центральной Азии [Кивва, 2016а]. Алеутский минимум в свою очередь является, скорее, статистическим показателем – осреднение отдельных синоптических карт – и указывает, в какой области северной Пацифики циклоны достигают максимального развития [Rodionov et al., 2007]. При этом позиция и сила Алеутского минимума изменчивы в межгодовом плане [Overland et al., 1999]. Таким образом, многими авторами подчеркивается решающая роль положения и степени развития Алеутского минимума в изменчивости океанографических и синоптических характеристик в Беринговом море [Bond et al., 1994; Stabeno et al., 1999; Rodionov et al., 2005, 2007; Устинова и др., 2008; Глебова и др., 2009].

При анализе изменчивости Алеутского минимума (АМ) С.Н. Родионов с соавторами [Rodionov et al., 2007] выявили 10 характерных конфигураций (X1, X2, X3, X4, X5, T1, T2, T3, T4, T5) (рис. 2.2.1). Типы X1 и T1 наиболее отчетливо характеризуют соответственно суровые и мягкие зимы, остальные типы конфигурации АМ являются вариацией указанных выше типов и преимущественно определяют суровость зимних условий. При этом вероятность, что зима будет теплой или холодной в соответствии с конфигурациями X2-X5 и T2-T5, ниже, чем при конфигурациях X1 и T1 [Rodionov et al.,

2005]. За период с 1997 по 2021 г., в соответствии с данной классификацией, выделено 14 лет, соответствующих холодному, и 11 лет – тёплому (табл. 2.2.1).

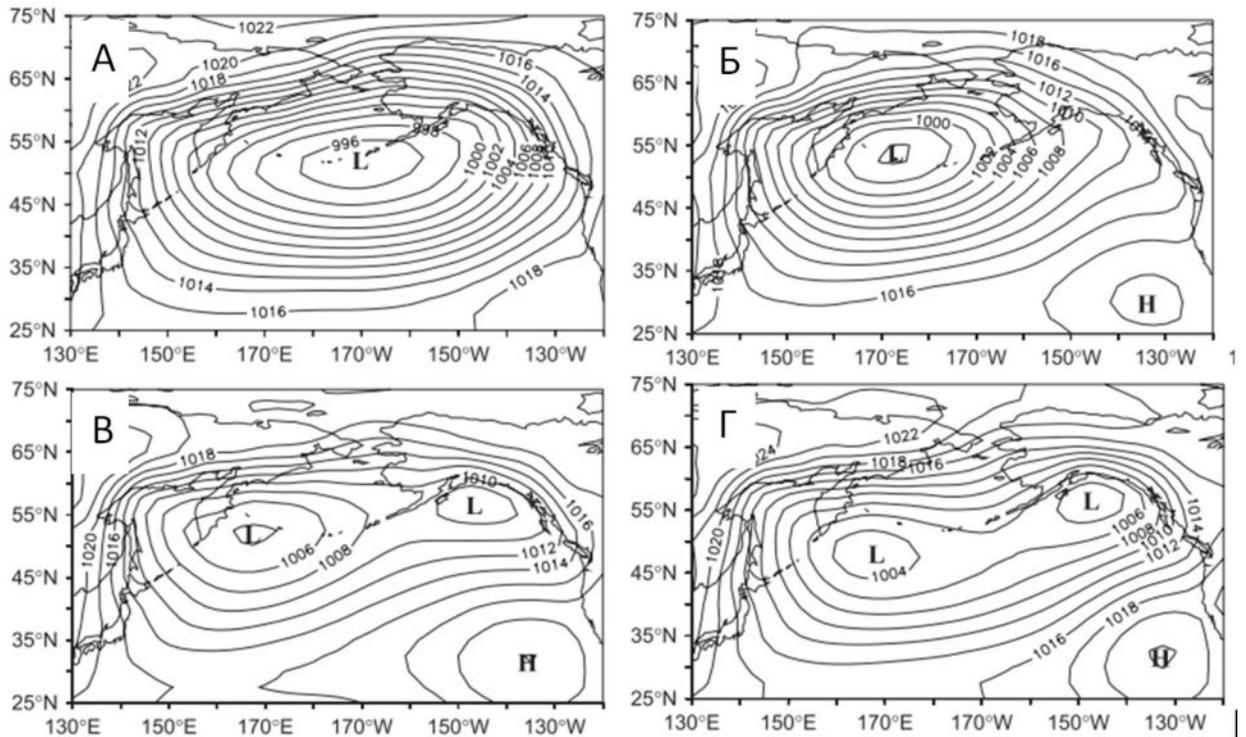


Рис. 2.2.1. Конфигурация Алеутского минимума в зимний период, характеризующая различные зимние условия в Беринговом море [Rodionov et al., 2005, 2007]: **А** – сильный АМ, один центр, смещен на восток, в зависимости от расположения центра относительно 51° с.ш. и 173° з.д. зима может быть холодной или теплой (типы Х3, Х5, Т3, Т5); **Б** – сильный АМ, один центр, сильно смещен на запад и севернее 51° с.ш. – теплая зима (тип Т1); **В** – слабый АМ, два центра, левый центр севернее 52° с.ш., при давлении в центре ниже 1002 гПа – преимущественно тёплая зима (тип Т4), выше 1002 гПа – преимущественно холодная зима (тип Х4); **Г** – слабый АМ, два центра, левый центр южнее 52° с.ш. – холодная зима (тип Х1)

Таблица 2.2.1

Распределение лет наблюдений по различным типам конфигурации АМ в 1997–2021 гг.

Тип АМ	Ранг по ледовитости	Годы
Х1	8	1997, 1999, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014, 2017
Х2	6	1998
Х3	9	2010
Х4	7	2020
Х5	5	2002
Т1	1	2000, 2001, 2004, 2005, 2018, 2019, 2021
Т3	3	2003, 2015
Т4	4	2006
Т5	2	2016

Примечание. Чем больше ранг ледовитости, тем больше средняя площадь распространения льда в указанные годы.

2.3 Циркуляция, водообмен и водный баланс

Ввиду особенностей своего геоморфологического строения основной водообмен Берингова моря происходит с Тихим океаном из-за большого количества проливов в

дуге Алеутских и Командорских островов. В Алеутско-Командорской островной дуге насчитывается 39 проливов различной величины [Favorite, 1965]. Среди этого количества только 14 проливов имеют площадь сечения более 1 км². Несмотря на то, что всего три пролива (Камчатский, Ближний, Амчитка) превышают глубину 700 м и могут считаться глубоководными, транспорт через остальные проливы также весьма существен [Stabeno et al., 1999]. Среди других стоит отметить проливы Бульдур, Амукта, а также мелководный прол. Унимак. Суммарно на долю вышеперечисленных проливов приходится 685,8 км², или 93,85 % площади сечения всех проливов [Удинцев и др., 1959], т.е. через них осуществляется основной водообмен с Тихим океаном.

Таким образом, основной водообмен Берингова моря происходит с Тихим океаном посредством проникновения вод через Алеутскую островную гряду. Наиболее значимые проливы: Унимак, Амукта, Амчитка, Бульдур, Ближний, Камчатский. Водообмен с Арктикой обеспечивается через Берингов пролив.

Если в мелководных проливах, обеспечивающих поток шельфовых вод (Унимак, Берингов и ряд других) [Chumacher et al., 1982], перенос воды баротропный – направление потока общее для всего пролива, с наибольшей скоростью в центре, то через глубоководные проливы Алеутско-Командорской гряды транспорт воды происходит в обоих направлениях – как в, так и из Берингова моря. Генерализованная схема направления потока предполагает заток вод с восточной стороны проливов и отток с западной стороны [Stabeno et al., 1999] (рис. 2.3.1). Последние исследования показали, что структура транспорта вод очень сложна и подвержена влиянию мезомасштабных вихрей [Prants et al., 2013], которые могут препятствовать проникновению вод [Stabeno, Reed, 1992; Reed, Stabeno, 1993; Stabeno et al., 1999].

Учитывая данные о величине расходов в основных проливах Алеутской гряды и Берингова пролива, многие авторы рассчитывали величину водного баланса Берингова моря. С развитием техники океанографических наблюдений и увеличения количества станций и разрезов эта величина, как правило, увеличивалась [Favorite, 1974]. Водный баланс Берингова моря различными авторами оценен от 8 до 35 Св [Баталин, 1964; Арсеньев, 1967; Favorite, 1974; Hughes et al., 1974; Hu, Wang, 2010].

Многими бесспорно отмечается, что величина водного баланса Берингова моря зависит от интенсивности Аляскинского течения и удаленности его стресса от Алеутской гряды [Favorite, 1974; Croke et al., 1996; Panteleev et al., 2012]. Современные

оценки водного баланса Берингова моря составляют 26,8 Св, среди которых 26,0 Св приходится на Берингоморский круговорот и только 0,8 Св – на Берингов пролив [Hu, Wang, 2010]. При этом транспорт воды в Берингово море очень variabelен и зависит как от сезона, так и от удаленности стрежня Алеутского течения от островной гряды [Favorite, 1974; Ezer, Oey, 2010, 2013].

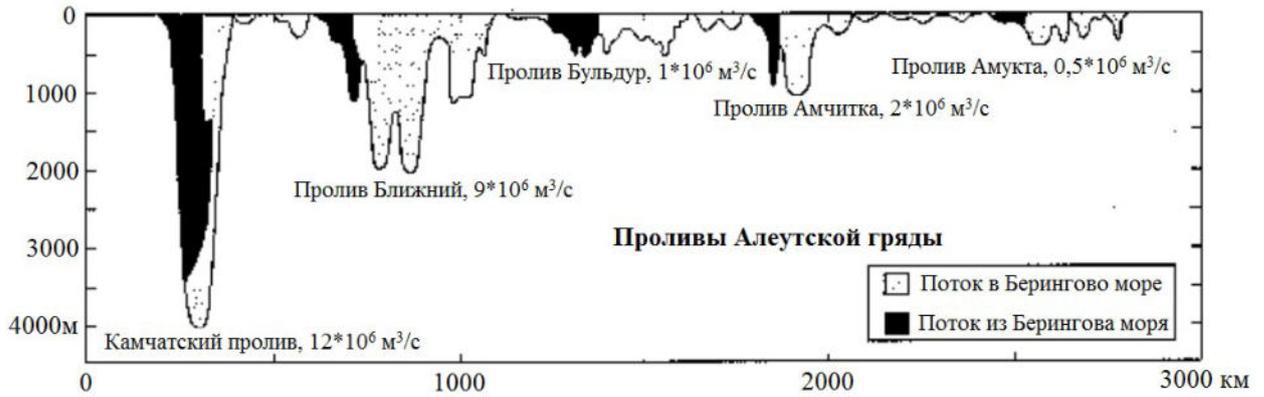


Рис. 2.3.1. Профили основных проливов Алеутско-Командорской островной дуги [Stabeno et al., 1999]

Схема циркуляции в Беринговом море является частью большого круговорота северной Пацифики [Favorite et al., 1977]. Упрощенно она выглядит следующим образом. Северное пассатное течение Тихого океана, достигая западных границ океана, отворачивает на север, образуя течение Куроисио. В районе о. Хоккайдо и южных Курильских островов Куроисио сталкивается с холодным течением Ойясио, протекающим на юго-запад вдоль Курильских островов. Столкнувшись, эти два течения в результате отворачивают на северо-восток, образуя фронтальную зону и субарктический перенос. Достигая берегов Северной Америки, субарктическое течение раздваивается: первая ветвь отворачивает на юг, образуя Калифорнийское течение, вторая – на север и в районе зал. Аляска формирует Аляскинское течение. Достигнув гряды Алеутских островов, Аляскинское течение проникает в Берингово море через многочисленные проливы, формируя местную систему циркуляции.

Циркуляция вод в глубоководной части Берингова моря определяется общим циклоническим движением вод, поступающих из Тихого океана, на которое откладывает отпечаток рельеф дна [Ратманов, 1937; Леонов, 1947; Арсеньев, 1967], а также синоптическая ситуация, определяемая в основном положением и силой Алеутского минимума, что в свою очередь определяет режим ветров над акваторией моря [Хен, Заочный, 2009].

По современным представлениям (рис. 2.3.2), циркуляция водных масс в глубоководной части моря складывается рядом течений, которые в совокупности образуют циклонический круговорот в глубоководной части моря и практически прямолинейный перенос вод на шельфе. Циклонический круговорот в глубоководной части моря начинается с затока Аляскинского течения через многочисленные проливы Алеутской гряды, а также в прол. Ближний.

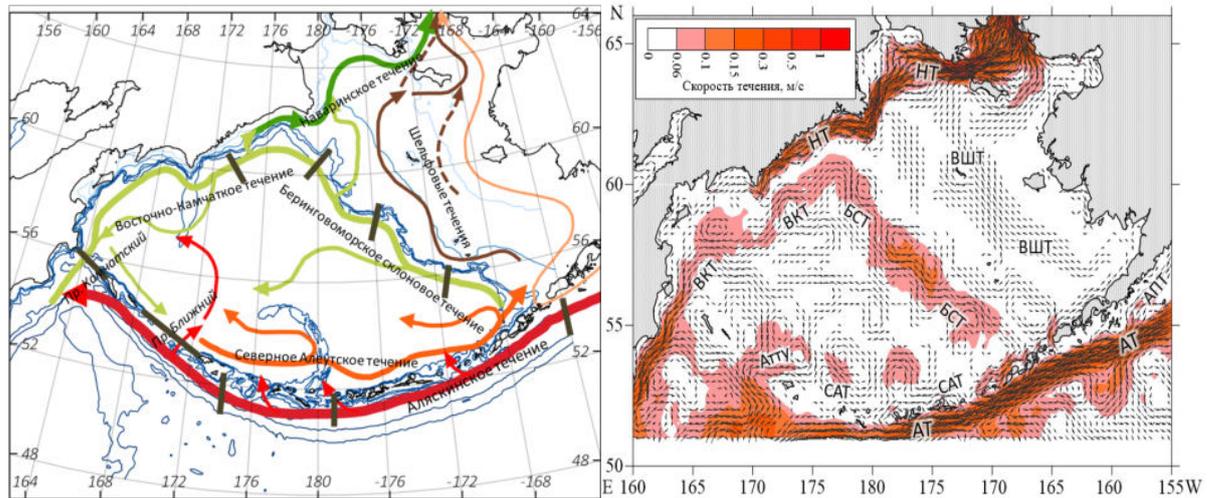


Рис. 2.3.2. Принципиальная схема течений Берингова моря [Кивва, 2016] (слева): темными отрезками указаны расположения поперечных разрезов. Течения в горизонте 20 м, осредненные за период 2000–2021 гг. по данным спутниковой альтиметрии (СМЕМС: <http://marine.copernicus.eu>) (справа): АПТ – Аляскинское прибрежное течение, АТ – Аляскинское струйное течение, САТ – Северное Алеутское течение, БСТ – Берингоморское склоновое течение (ЦБТ), НТ – Наваринское течение (Анадырское), ВКТ – Восточно-Камчатское течение, ВШТ – течения над восточным шельфом

Прошедшие через проливы воды поворачивают на восток и слагают Северное Алеутское течение (САТ), которое в дальнейшем, согласуясь с контуром свала глубин, поворачивает на северо-запад в районе 55° с.ш. 170° з.д. и образует Берингоморское склоновое течение (БСТ), часть вод САТ поступают также на восточный шельф. В районе Корякского свала глубин БСТ поворачивает на юго-запад и образует Восточно-Камчатское течение (ВКТ). Скорость течения БСТ в среднем составляет 7–13 см/с. В летний период БСТ замедляется и меандрирует намного сильнее, чем в зимний период, когда его скорость выше и направление более выражено [Ladd, 2014].

Восточно-Камчатское течение (ВКТ) – завершающий элемент круговорота в глубоководной части моря, протекает на юго-запад и выносит трансформированные воды обратно в Тихий океан через Камчатский пролив. Скорость течения в среднем составляет 6–9 см/с, но увеличивается при прохождении через Камчатский пролив до 10–15 см/с.

Таким образом, циклонический круговорот в Беринговом море складывается тремя основными течениями – САТ, БСТ и ВКТ. Также при поступлении тихоокеанских вод через прол. Ближний часть потока течет на север или северо-запад, образуя течение Атту, оно в дальнейшем сливается с ВКТ, образуя малый круговорот.

2.4 Термохалинный режим

Для Берингова моря характерна выраженная сезонность в годовом ходе температуры, солености и толщины верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) (рис. 2.4.1). По В.А. Лучину [2019], в годовом ходе температуры ВКС отчетливо выделяются два состояния – зимнее и летнее.

Для зимнего типа распределения температуры ВКС характерна зональность с повышением температуры в южной части моря, которая достигает максимальных значений у проливов Алеутской гряды в восточной части моря (рис. 2.4.1). Такой характер пространственного распределения температуры в зимний период является очевидным проявлением зависимости термического режима Берингова моря от водообмена с Тихим океаном. В целом зимний тип распределения температуры ВКС преобладает с ноября по май, когда температура в глубоководной части находится в пределах 0–4,0 °С, а на шельфе – от –1,5 до 0 °С. Что характерно, с января по апрель в Беринговом море распределение температуры ВКС практически неизменно с постепенным снижением к апрелю. Толщина ВКС в ноябре из-за выхолаживания и штормовой активности резко возрастает, а в зимние и весенние месяцы максимальна и достигает 100–140 м (рис. 2.4.1).

Увеличение температуры в Беринговом море начинается в мае, особенно в районе, примыкающем к Алеутским проливам (рис. 2.4.1). В июне распределение температуры ВКС приобретает черты летнего типа, когда в связи с увеличением солнечной инсоляции и уменьшением динамической активности атмосферы начинается стратификация поверхностных вод. В связи с этим толщина ВКС существенно сокращается до минимальных значений – 10–30 м – с постепенным увеличением за счет прогрева до ноября (рис. 2.4.1).

В теплое время года (июль-октябрь) максимальные температуры ВКС наблюдаются не в районе Алеутских проливов (где продолжается интенсивное вертикальное перемешивание вод), а в глубоководных котловинах. Также характерной

особенностью распределения температуры ВКС для теплого времени года является существенное уменьшение градиента температур. Например, в августе-сентябре температура ВКС как в глубоководной части, так и на шельфе практически однородна и достигает 8–10 °С, а в прибрежных районах может превышать 11–12 °С (рис. 2.4.1). Самые низкие летние температуры наблюдаются в северной части Анадырского залива, бассейне Чирикова в связи с их северным расположением, а также в корякском районе, находящемся под действием апвеллинга [Шунтов, 2001]. Перестройка термического режима с теплого типа на холодный начинается в сентябре в северной части моря и в октябре-ноябре в южной части.

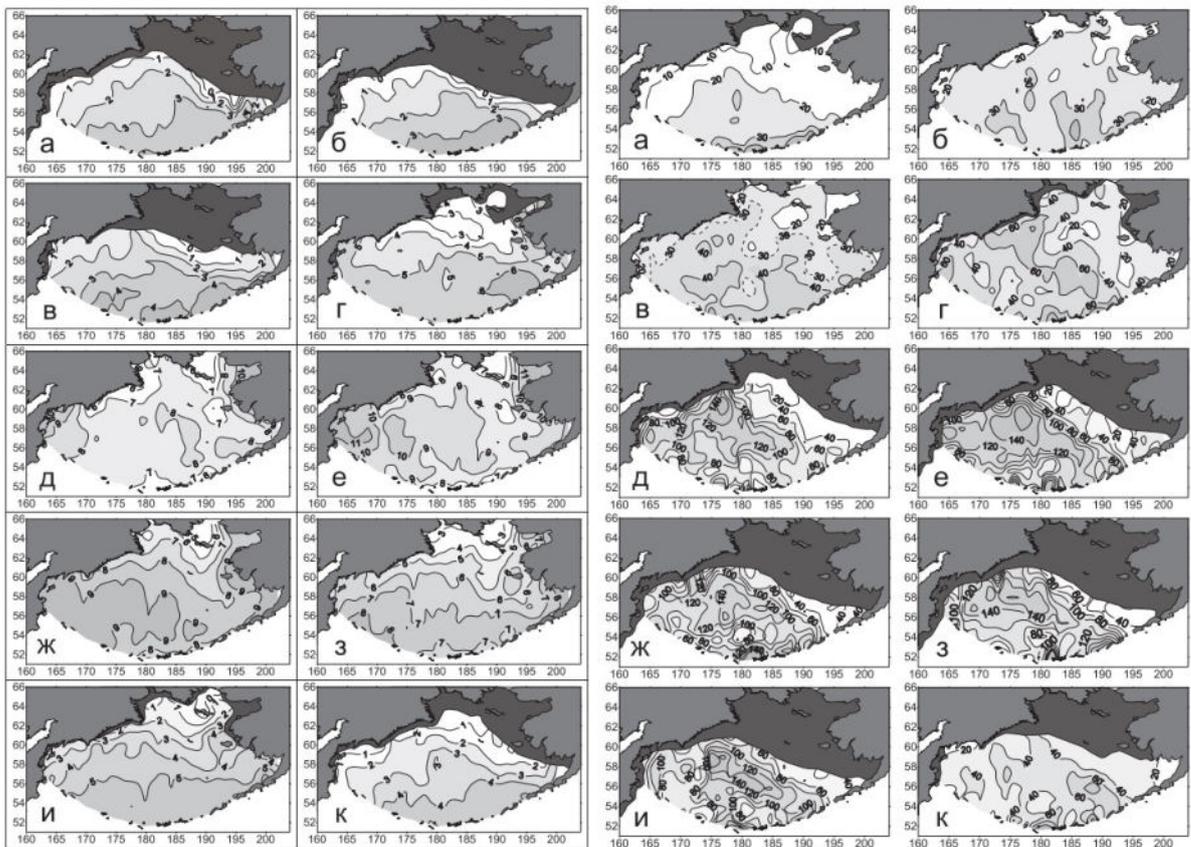


Рис. 2.4.1. Среднее многолетнее распределение температуры воды (°С) в верхнем квазиоднородном слое (ВКС) (слева) и среднее многолетнее распределение нижней границы (в метрах) ВКС Берингова моря (справа): а — январь, б — апрель, в — май, г — июнь, д — июль, е — август, ж — сентябрь, з — октябрь, и — ноябрь, к — декабрь [Лучин, 2019]

В отличие от температуры, соленость в сезонном отношении более стабильна: основные крупномасштабные особенности распределения солености в ВКС сохраняются в течение всего года [Лучин, 2019]. В среднем наибольшая соленость наблюдается в районе проливов Алеутской гряды, где происходит заток вод Тихого океана. По мере распространения в Берингово море океанические воды трансформируются, их соленость понижается. В прибрежных районах соленость

закономерно снижается за счет распреснения речным стоком. Также характерно наличие обширной распресненной зоны над восточноберинговоморским шельфом, разделенной с трансформированными океаническими водами в глубоководной части моря фронтальной зоной. В среднем соленость ВКС зимой выше (до 33,3 ‰), в летний период за счет таяния льда и увеличения речного стока соленость закономерно снижается.

В межгодовой динамике аномалии ТПО в теплый сезон за рассматриваемый период в западной части Берингова моря, как в глубоководных районах, так и в АНР наблюдается положительный тренд (рис. 2.4.2). В обоих рассматриваемых районах наблюдается чередование интервалов лет с ТПО выше и ниже нормы, которые в целом соответствуют периодам лет пониженной и повышенной ледовитости. При этом в глубоководных районах, где лед наблюдается только в относительно узкой прибрежной полосе, составляющей малую часть акватории, эта связь ледовитости с ТПО выражена слабее, чем в АНР. Это объясняется, по всей видимости, большей ролью течений, чем ледовитости, в формировании летних температурных условий [Favorite, 1974; Overland et al., 1994; Luchin et al., 1999; Лучин, 2019]. В АНР, напротив, температурные условия летнего сезона в большей степени определяются зимним выхолаживанием поверхности моря, которое также отражается в ледовитости [Кузнецов и др., 2013; Зуенко, Басюк, 2017].

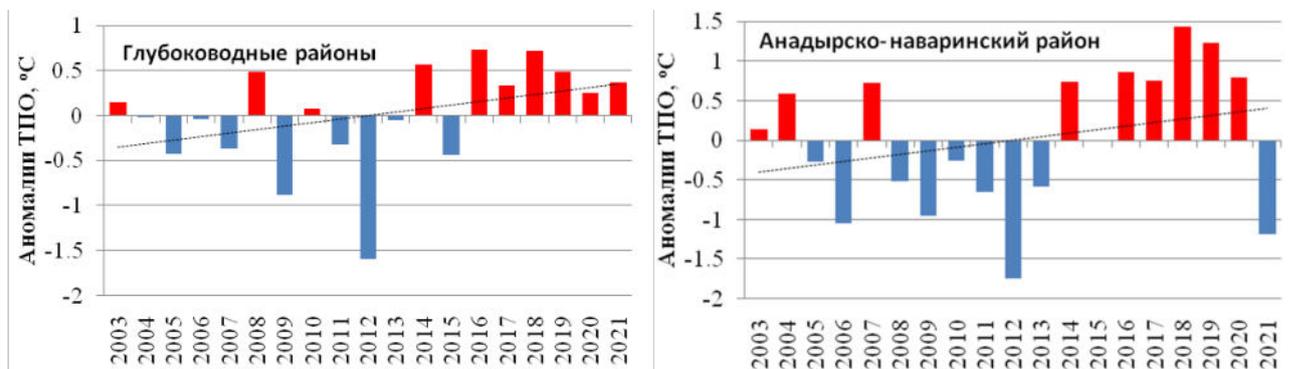


Рис. 2.4.2. Межгодовая динамика аномалий температуры поверхности (среднее за июнь-октябрь) в западной части Берингова моря: **слева** – глубоководные районы, **справа** – анадырско-наваринский район

2.5 Вертикальная структура и водные массы

Вертикальная структура вод Берингова моря соответствует структуре вод всей западной Субарктики [Ohtani, 1973]. Основной же характеристикой вод западной Субарктики является стратификация эпипелагиали на три слоя: верхний слой, галоклин, нижний слой [Dodimead, 1967] (рис. 2.5.1). Верхняя зона подвержена сезонным

изменениям, и для нее характерны зимняя и летняя модификации. По другой классификации [Натаров, 1963; Арсеньев, 1967] рассматривается вся толща пелагиали и выделяются три водные массы в зимний и четыре – в летний периоды (Таблица 2.5.1). Принципиальных различий в данных классификациях нет.

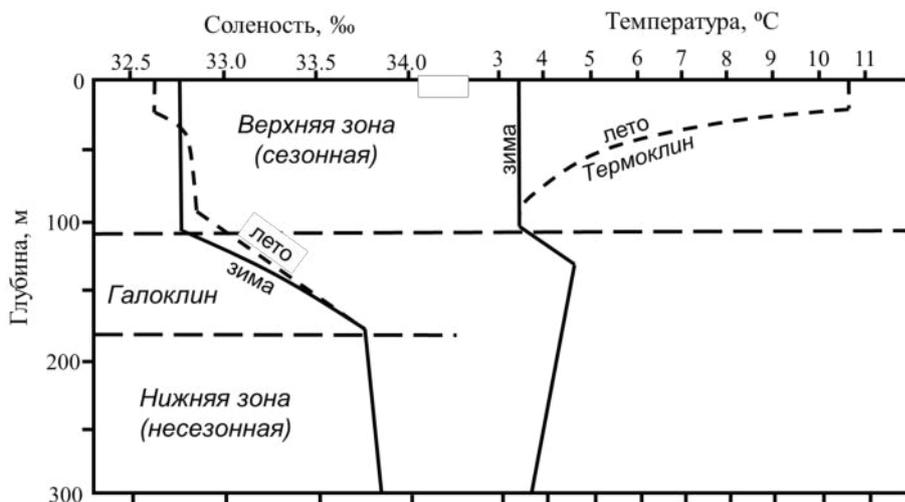


Рис. 2.5.1. Схематическая структура вод западной Субарктики [Dodimead, 1967]

Таблица 2.5.1

Водные массы в глубоководной котловине Берингова моря в летний период [Арсеньев, 1967]

Водная масса	Термохалинные характеристики	Глубина нижней границы распространения, м
Поверхностная (летняя модификация) (ВКС)	Температура 7–11 °C на поверхности, 4–6 °C у нижней границы, соленность 33 ‰	25–50
Промежуточная холодная (ХПС)	Температура от 0,5–1,0 до 3,5 °C, соленность 33,1–33,2 ‰	150–250 (и более у материкового склона)
Промежуточная тёплая (ТПС)	Температура от 3,4–3,5 до 3,7–3,9 °C, соленность около 34 ‰	700–1000
Глубинная	Температура 2,8–3,0 °C у верхней границы, 1,5–1,8 °C у дна, соленность 33,4–34,7 ‰	Дно моря

В летний период верхние несколько десятков метров (10–50) подвергаются солнечному прогреву, образуя поверхностный слой (ВКС). Поверхностный слой отделяется от вод остаточного зимнего охлаждения (ХПС) сезонным термоклином. В слое ХПС сохраняются различия зимнего гидрологического режима моря: так, в восточной части моря температура ядра ХПС достигает 3,5 оС, а в западной части, где зимние условия более суровы, – 1,0–2,0 оС и толщина ХПС больше [Шунтов, 2001]. По современным представлениям, в глубоководных районах и на свале глубин ХПС образуется как в результате адвекции холодных вод на шельфе [Фигуркин, 1992; Tomczak, Godfrey, 1994], так и непосредственно на месте [Лучин, Лаврентьев, 1999;

Лучин, 2008]. В присваловых районах, где ХПС имеет адвективное происхождение из-за нисходящих потоков, его толщина может достигать 400-600 м и более [Шунтов, 2001].

На самом же шельфе охлажденная водная масса, сформированная в зимне-весенний период, сохраняется на протяжении большей части года в виде придонных холодных вод. В этом отношении в Беринговом море формируется два очага распространения холодных придонных вод. Наиболее мощный – на восточноберинговоморском шельфе, очаг которого находится на матвеевско-лаврентьевском мелководье (Лаврентьевское пятно холода – ЛПХ), а его периферия достигает центральной, а в отдельные годы и юго-восточной части шельфа [Mueter, Litzow, 2008; Hollowed et al., 2012; Stabeno et al., 2012a; Kotwicki, Laurs, 2013]. Вторым очагом холода располагается на шельфе Карагинского залива.

Характер распределения очагов холода остаточного зимнего охлаждения оказывает значительное влияние на распределение и поведение nektonных, nektoбentosных, бентосных и планктонных организмов и сообществ в целом, особенно на шельфе [Wyllie-Echeverria, Wooster, 1998; Шунтов, 2001; Brodeur et al., 2008; Mueter, Litzow, 2008; Кузнецов и др., 2013; Sigler et al., 2016; Duffy-Anderson et al., 2017; Thorson, 2019]. В целом характер сезонных и онтогенетических циклов гидробионтов является отражением особенностей термического состояния ВКС и ХПС в различных частях моря.

Ниже ХПС располагается тёплый промежуточный слой (ТПС), который характеризуется возрастанием температуры (до 3,4–3,9 °С) и резким увеличением солёности (до 34 ‰) (рис. 2.5.1). Формируется данная водная масса в Тихом океане и поступает в Берингово море через глубоководные проливы Алеутской гряды и Командорских островов (Камчатский, Ближний, Бульдур, Амчитка). Ядро ТПС располагается на глубинах от 200–250 м в проливах до 500 м в глубоководных котловинах Берингова моря.

Глубже располагаются глубинные воды, которые также имеют тихоокеанское происхождение и поступают в Берингово море преимущественно через проливы Камчатский и Ближний. Температура глубинного слоя снижается при увеличении глубины, достигая 1,5–1,8 °С, а солёность возрастает до максимальных значений – 34,6–34,7 ‰. Ядро глубинной водной массы располагается на дне моря.

В отличие от поверхностной и подповерхностной водных масс (ВКС и ХПС), теплый промежуточный слой и глубинные воды не испытывают сезонных изменений и стабильны на протяжении всего года.

2.6 Ледовитость

В холодное время года шельф Берингова моря покрывается льдом. Площадь покрытия льдом варьирует от 15,5 до 51,0 %. Наиболее ледовитым был 2012 г., когда площадь льда в марте составляла 1159 тыс. км², а наименее ледовитыми – 2018 и 2019 гг. с площадью покрытия – соответственно 353 и 361 тыс. км² (рис. 2.6.1). При наиболее суровых условиях лёд занимает весь западный и восточный шельф (за исключением района алеутских проливов) и достигает его кромки, а в западной части моря льдом может покрываться и область над свалом глубин (рис. 2.6.1). В теплые годы льдом покрывается западный шельф и северная часть моря, а обширная юго-восточная область шельфа свободна ото льда. При этом в 2018 г. Анадырский залив был по большей части свободен ото льда, а район от о. Нунивак до о. Св. Лаврентия и зал. Нортон был покрыт льдом, в 2019 г. при столь же невысокой площади покрытия льдом его распределение было обратным ситуации 2018 г. (рис. 2.6.1).

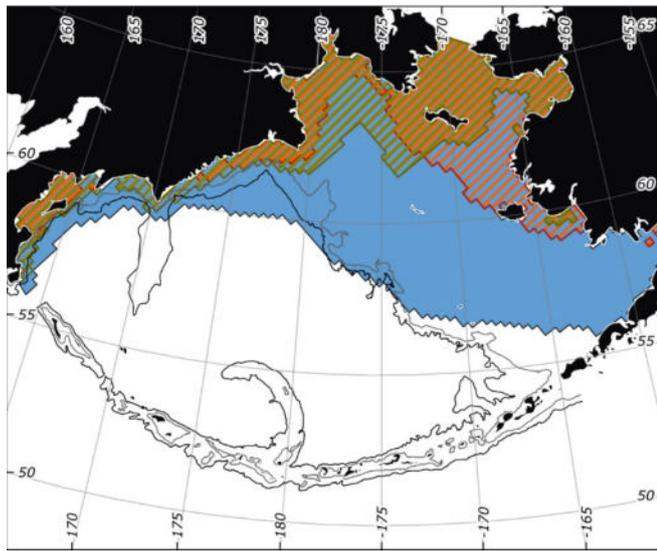


Рис. 2.6.1. Площадь распространения льда в марте в 2012 г. (голубой фон), в 2018 г. (оранжевая штриховка) и в 2019 г. (золотистая штриховка) (<https://nsidc.org/data/G02135/versions/3>)

Наибольшая толщина льда формируется в северных районах моря – бассейне Чирикова, заливах Анадырь и Нортон – и может достигать 2 м, в среднем 0,5–1,0 м [Кивва, 2016а]. В южных районах толщина льда меньше, и он может приобретать фрагментарный характер. При достижении кромки шельфа лёд тает, соприкасаясь с

водами глубоководных котловин, имеющими огромный теплозапас [Niebauer et al., 1999].

Льдообразование начинается в прибрежных районах северной части моря в сентябре, на западном шельфе в октябре, а на восточном шельфе в ноябре-декабре. За счет преобладающих ветров северных румбов лед распространяется в южном направлении [Плотников, Вакульская, 2012].

Таяние льда в южных районах начинается в конце марта – начале апреля, в зал. Анадырь, матвеевско-лаурентьевском районе и на западном шельфе лед начинает таять в мае – начале июня, а в бассейне Чирикова и зал. Нортон – в конце июня – начале июля. Район глубоководных котловин свободен ото льда круглый год.

Изменчивость ледовитости Берингова моря напрямую зависит от особенностей в распределении полей давления в осенне-зимний период. Атмосферные процессы контролируют распространение льда по акватории моря [Rodionov et al., 2007; Stabeno et al., 2007]. В наибольшей степени ледовитость Берингова моря связана с преобладающим направлением ветров [Плотников, Вакульская, 2012; Frey et al., 2015]. Так, интенсификация и положение Алеутского минимума в зал. Аляска или самом Беринговом море способствуют проникновению теплых воздушных масс из Тихого океана, при ослаблении Алеутского минимума и разделении его на два центра теплые воздушные массы реже достигают Берингова моря, где начинают преобладать холодные ветра северных румбов с материка, и ледовитость увеличивается [Overland, Pease, 1982; Niebauer, 1988; Stabeno et al., 2001; Rodionov et al., 2007].

Распространение льда в Беринговом море в значительной степени определяет термические условия моря в теплый сезон [Stabeno et al., 2012], и наиболее значительную роль распространение льда играет на восточноберинговоморском шельфе, так как оказывает существенное влияние на сроки начала и продолжительность цветения фитопланктона и развития зоопланктонного сообщества. Последствием распространения льда на северном и восточном шельфе являются воды остаточного зимнего охлаждения в придонном слое, называемом Лаврентьевским холодным пятном или “cold pool” в зарубежной литературе. Мощность и проникновение холодного пятна на юг в значительной степени влияют на распределение и нагульные миграции донных и придонных видов рыб, включая минтая, а также оказывают воздействие на выживаемость и распределение молоди рыб [Wyllie-Echeverria, Wooster, 1998; Hunt et

al., 2002; Grebmeier et al., 2006, 2010; Mueter, Litzow, 2008]. В Анадырском заливе распределение холодных придонных вод оказывает существенное влияние на миграции восточноберинговоморского минтая, мойвы и сельди [Науменко, 1996; Кузнецов и др., 2004, 2013; Булатов, 2014; Степаненко, Грицай, 2016; Andrews et al., 2016].

Ледовитость Берингова моря подвержена межгодовой динамике, которая зависит от положения и интенсивности центров действия атмосферы, таких как Алеутский минимум, Сибирский и Гавайский максимумы. В литературе отмечено, что в 1976–1977 гг. наблюдалось резкое сокращение ледовитости Берингова моря, которое было обозначено режимным сдвигом, причем этот режимный сдвиг отмечался в динамике не только ледовитости, но и всех климатических показателей [Benson, Trites, 2002]. В период с 1979 до начала 1990-х гг. в динамике ледовитости Берингова моря отчетливой тенденции не прослеживалось, ледовитые и малоледовитые годы сменяли друг друга с периодичностью 1–2 года (рис. 2.6.2).

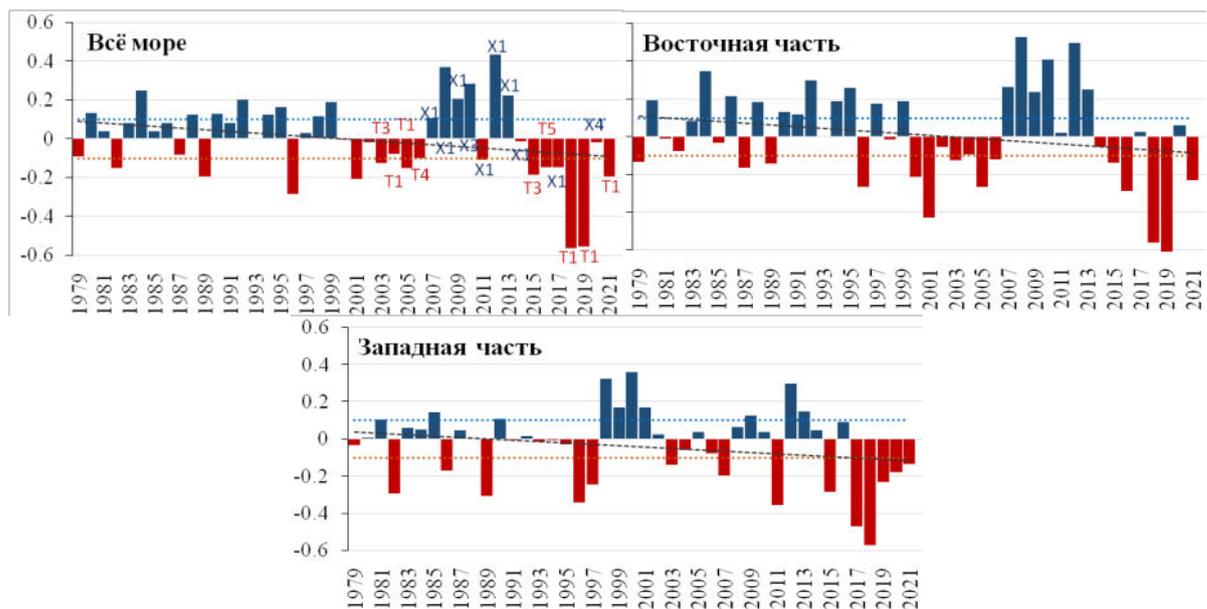


Рис. 2.6.2. Межгодовая динамика ледовитости Берингова моря за период 1979–2021 гг. Указано отклонение от среднемноголетней (1979–2021 гг.) ледовитости. Буквами на верхнем левом рисунке обозначен тип конфигурации АМ, горизонтальные линии обозначают границы 10 %, наклонная линия – межгодовой тренд

Характерной особенностью изменчивости ледовитости Берингова моря начиная с 1990-х гг. являются устойчивые теплые и холодные фазы длительностью 7–8 лет. Так, в последние 20 лет выделяются два теплых периода (2001–2006 гг. и 2014–2021 гг.) и один холодный (2007–2013 гг.). Характерно также, что до 2000-х гг. преобладали положительные значения аномалии ледовитости моря, при этом амплитуда ледовитости была существенно ниже, чем в последние годы. Сравнение хода ледовитости восточной

и западной частей моря показывает, что, несмотря на общую тенденцию к уменьшению ледовитости и частое совпадение знаков аномалий, ледовые процессы в разные зимы в них развивались по-разному. Например, на протяжении всего интервала 1998–2002 гг. западная часть моря имела положительные аномалии ледовитости в отличие от восточной. Тёплый период 2000–2006 гг. и холодный период 2007–2013 гг. в западной части моря были выражены слабее, чем в восточной. При этом, судя по динамике ледовитости в последние два года, в ближайшей перспективе вероятно очередная смена режима с теплого на холодный.

2.7 Гидрохимия и первичное продуцирование

Берингово море является одним из наиболее богатых районов Мирового океана по концентрациям биогенных элементов, в частности соединений минерального азота, кремния и фосфора. Обеспеченность биогенными элементами обуславливает высокий уровень первичного продуцирования, особенно в прибрежных районах. Эта особенность Берингова моря была охарактеризована концепцией «зеленого пояса» [Springer et al., 1996]. Распределение биогенных элементов в Беринговом море весьма неоднородно в вертикальном, горизонтальном и сезонном аспектах, это в свою очередь определяет локализацию, начало и продолжительность процессов продуцирования и деструкции [Шунтов, 2001].

Общий характер вертикального распределения растворенного кислорода, а также нитратов и аммонийного азота в Беринговом море предполагает снижение концентрации с глубиной, а минеральных форм биогенных элементов – увеличение их концентрации с глубиной.

Горизонтальное распределение гидрохимических параметров (рис. 2.7.1) связано как с особенностями динамики вод, так и в значительной степени с использованием их фитопланктоном. Летом распределение биогенов в наибольшей степени отражает биологические и океанологические условия региона. Так, по распределению концентрации минеральных форм биогенных элементов (рис. 2.7.1) заметно, что в максимальных концентрациях они присутствуют в глубоководных котловинах моря, средние концентрации – в районе свала глубин и минимальные – на шельфе, особенно в этом отношении выделяется восточнберингоморский шельф.

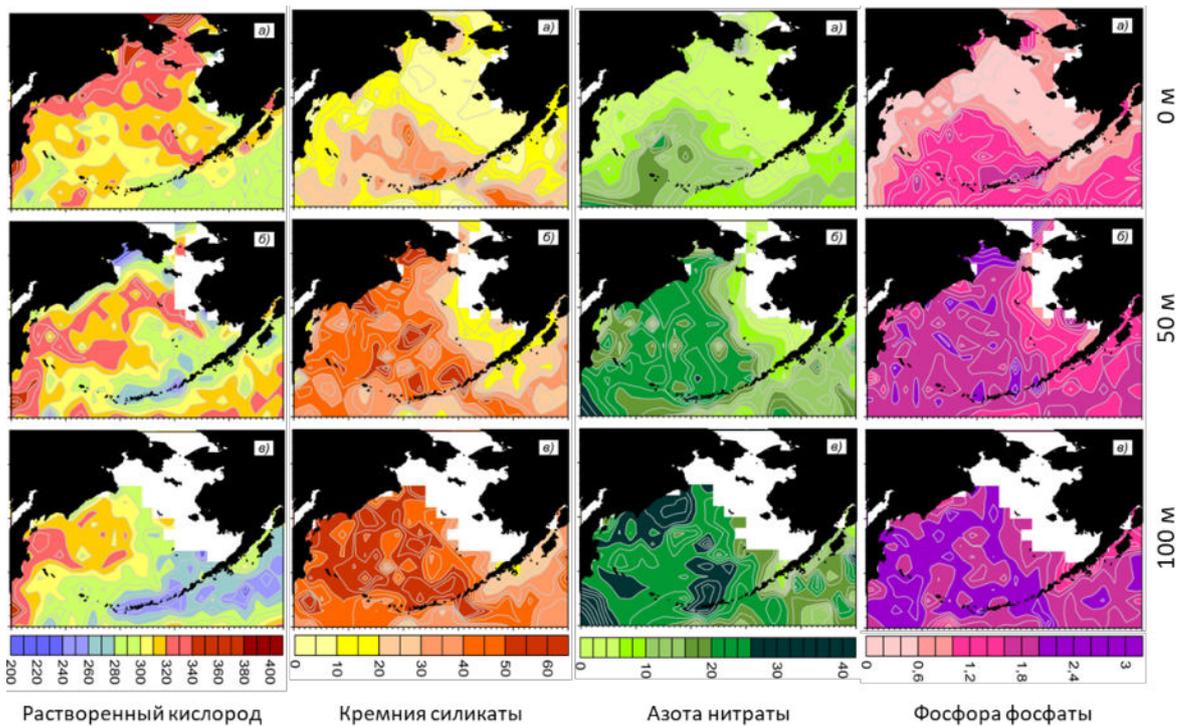


Рис. 2.7.1. Среднемноголетнее распределение растворенного кислорода и минеральных форм биогенных элементов (мкмоль л^{-1}) в летнее время (июль-сентябрь) на горизонтах 10 м (а), 50 м (б) и 100 м (в) [Кивва, 2016а]

В сочетании с распределением концентрации растворенного кислорода отчетливо выделяются зоны обильного продуцирования, где содержание биогенов снижено при повышенном содержании растворенного кислорода. К таким районам относятся зона свала глубин восточноберингоморского, коряжского и карагинского шельфа и северная часть Берингова моря – Анадырский залив, лаврентьевско-матвеевский район. В приалеутских водах содержание растворенного кислорода ниже, что связано, вероятно, со сниженным уровнем продуцирования за счет высокой турбулентности поступающих через проливы тихоокеанских вод [Reed, Stabeno, 1994; Stabeno et al., 2005].

К зонам пониженного продуцирования относятся юго-восточная часть восточноберингоморского шельфа и район глубоководных котловин [Brown et al., 2011; Кивва, 2016б]. В первом случае продуцирование снижено из-за недостатка поступления минеральных форм биогенных элементов из глубоководной части вследствие наличия фронта на кромке шельфа за счет поперечной мезоциркуляции вод [Kinder, Coachman, 1978], ограничивающего поступление трансформированных вод глубоководных котловин [Кивва, 2016а]. При этом на восточноберингоморском шельфе из-за его колоссальной ширины выделяют еще центральный и внутренний фронты, природа которых отличается от краевого фронта и связана с приливно-отливными явлениями [Кивва, 2016а]. На шельфе в западной части моря из-за его

относительно малой ширины все три фронтальные системы сливаются в единый фронт [Верхунов, 1995] и являются достаточно проницаемыми для поступления богатых минеральными формами биогенов вод из глубоководной части [Khen, 1999; Шунтов, 2001] за счет наличия меняющихся со временем мезомасштабных вихрей.

Довольно интересно, что в глубоководных районах при обилии минеральных форм биогенных элементов уровень продуцирования низкий. По современным представлениям, глубоководные области Берингова моря, наряду с некоторыми другими частями северной Пацифики, относятся к районам с высоким содержанием основных биогенных элементов и низким уровнем хлорофилла [High-Nutrient, Low-Chlorophyll – HNLC area) [Banse, English, 1999; Aguilar-Islas et al., 2007, 2008; Кивва, 2016б]. Пониженное продуцирование в указанных районах связано с дефицитом лабильного железа, участвующего в цикле ассимиляции азота, поэтому его недостаток вызывает недостаток азота, доступного для усвоения фитопланктоном даже при его обилии в среде [Moore et al., 2013].

После начала «вспышки» цветения фитопланктона, которая, как правило, начинается в конце весны – начале лета, минеральные формы биогенных элементов быстро расходуются [Кивва, 2016а], в отдельных случаях полностью. Начало цветения зависит как от широты (южнее она начинается раньше), так и от зимних условий. В частности, на восточном шельфе – от масштаба распространения льда и начала его таяния [Hunt et al., 2002, 2011; Stabeno et al., 2012; Vanas et al., 2016], например, в ледовитые годы, когда лёд покрывает юго-восточную часть шельфа, вспышка начинается на кромке льда в марте-апреле, при слабом развитии льда или при его раннем таянии вспышка начинается позднее – в мае-июне [Stabeno et al., 2001; Sigler et al., 2016]. Весенняя вспышка цветения в западной части моря начинается в апреле сначала в шельфовых районах за счет более раннего формирования участков вод с устойчивой вертикальной стратификацией, а после и в глубоководных участках [Сапожников и др., 1995а, б; Шунтов, 2001]. Активная фаза цветения продолжается достаточно короткий промежуток времени – от недели до месяца [Кивва, 2016а].

В летний период (с июня по сентябрь) активная фаза цветения прекращается, но полностью продуцирование не останавливается, концентрация минеральных форм биогенных элементов в этот период в шельфовых районах пониженная и продолжает расходоваться [Кивва, 2016а]. В глубоководных котловинах концентрация минеральных

форм биогенных элементов остается высокой за счет выноса в стационарных циклонических круговоротах вод из глубинных и промежуточных слоев на поверхность [Шунтов, 2001] и лимитирования развития фитопланктона дефицитом растворенного железа [Кивва, 2016а]. Однако концентрация биогенов в глубоководных районах летом также несколько снижается относительно предвегетационного периода.

В осенний период из-за увеличения реминерализованного органического вещества (нитраты и амонийный азот), накопленного за летний сезон, а также вследствие подпитки из нижележащих слоев после начала осеннего конвективного перемешивания [Сапожников и др., 1995б; Шунтов, 2001] концентрация биогенов возрастает, а кислорода снижается. В этот период наблюдается второй пик цветения, но менее интенсивный, чем весенний. В октябре-ноябре при сокращении солнечного освещения и активном конвективном перемешивании продукционные процессы существенно сокращаются и происходит новый цикл накопления минеральных форм биогенов.

Учитывая перечисленные особенности, очевидно, почему для Берингова моря идея о «зеленом поясе» [Springer et al., 1996] выглядит вполне актуальной. На обширном восточном шельфе, особенно в его юго-восточной части, продуцирование ограничено дефицитом макробиогенов, а в глубоководной части моря – микробиогенов (в частности железа). В то же время в области свала глубин, окаймляющего восточный шельф и западный шельф в результате турбулентного перемешивания, происходит постоянное поступление как макробиогенов из глубоководной части [Mizobata et al., 2006], так и микробиогенов с шельфа [Aguilar-Islas et al., 2007; Hurst et al., 2010; Tanaka et al., 2012]. В результате в данной полосе условия наиболее благоприятны для обильного и более продолжительного продуцирования [Sambrotto et al., 2008]. В районе мыса Наварин, Анадырском заливе и бассейне Чирикова за счет постоянного вторжения глубоководных вод с Наваринским течением и наличия апвеллингов на самом северо-западном шельфе [Walsh et al., 1989; Коучмен, Шигаев, 1992; Иванова, 2008; Дудков, 2010], имеющих топографический генезис [Кивва, 2016а], также обеспечивается необходимый комплекс условий для обильного продуцирования [Springer, McRoy, 1993; Шунтов, 2001].

Оценки первичной продукции Берингова моря выполнялись множеством авторов и различными методами. Ранние исследования (табл. 2.7.1), которые проводились, как правило, в наиболее высокопродуктивных районах Берингова моря, приводили довольно высокие оценки годовой первичной продукции, превышающей среднемировой уровень

первичной продукции ($140 \text{ гС м}^{-2} \text{ г}^{-1}$). Недавние расчеты первичной продукции, основанные на сезонной убыли биогенов [Кивва, 2016а] и спутниковых данных концентрации хлорофилла-а [Brown et al., 2011], свидетельствуют о меньших величинах годовой первичной продукции (табл. 2.7.1), так как учитывают области не только высокой продуктивности, но и низкой, включая глубоководный район Берингова моря. Так, по оценке К.К. Киввы [2016а] удельная чистая первичная продукция Берингова моря составляет $47,6 \text{ гС м}^{-2} \text{ г}^{-1}$, а годовой «урожай» чистой первичной продукции – 104 млн т. При этом автор делает оговорку, что полученные оценки могут быть занижены и отражают, скорее, нижнюю границу уровня чистой первичной продукции. Оценки Брауна с соавторами [Brown et al., 2011] несколько выше предыдущих и составляют $124 \text{ гС м}^{-2} \text{ г}^{-1}$, или 286 млн т/год. Характерно, что пространственное распределение показателя первичной продукции в обоих исследованиях принципиально схоже. Стоит отметить, что согласно приведенным оценкам данных авторов район глубоководных котловин при самой низкой удельной продукции за счёт огромной площади даёт самый высокий «урожай» первичной продукции – 36–44 %.

Таблица 2.7.1

Оценки годовой первичной продукции Берингова моря, $\text{гС м}^{-2} \text{ г}^{-1}$)

Автор данных	Район									Общая
	АШ	ГЛ	АН	СВ	ЧИР	ВШВ	ВШС	ВШВн	ЗШ	
Sambrotto с соавт. [1984]	–	–	–	–	324	–	–	–	–	–
Rho, Whitledge [2007]	–	84	–	110	–	121	150	145	–	–
Springer с соавт. [1996]	–	61	–	225	–	75	135	143	–	–
Springer, McRoy [1993]	–	–	456	–	480	80	–	–	–	–
В.В. Сапожников, И.А. Налетова [1995]	–	30–90	–	440–890	–	–	–	–	–	–
Hansell с соавт. [1993]	–	<10	40	–	576–720	<20	100–167	82–143	–	–
Walsh, McRoy [1986]	–	–	–	–	–	–	166	162	–	–
Sambrotto с соавт. [1986]	–	–	–	–	–	–	117–220	–	–	–
Sambrotto с соавт. [2008]	–	<100	–	>170	–	<100	–	–	–	–
Maita с соавт. [1999]	–	250	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Среднее</i>	–	124	248	168	484	94	151	141	–	231
Современные оценки										
Brown с соавт. [2011]	129	114	136	142	136	129	136	126	151	124
Кивва [2016а]	50–70	29–52	10–30	50–70	180–400	53	27	31	81	47,6
Годовая первичная продукция, млн т										
Brown с соавт. [2011]	13,5	124,8	13,0	8,6	7,5	39,9	36,7	24,1	17,7	286,1
Кивва [2016а]	6,2	37,8	6,3	9,8	13,8	11,2	3,6	6,5	8,8	104,0

Примечание. АШ – алеутский шельф, ГЛ – глубоководные котловины, АН – Анадырский залив, СВ – свал глубин восточного шельфа, ЧИР – бассейн Чирикова, ВШВ – внутренний восточный шельф, ВШС – средний восточный шельф, ВШВн – внешний восточный шельф, ЗШ – западный шельф.

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

3.1 Таксономический состав nekтона

В период исследований, с 2003 по 2021 г., в траловых уловах в эпипелагиали западной части Берингова моря были встречены представители 131 вида из 47 семейств, помимо этого, некоторые гидробионты были определены только до ранга вида или семейства (Приложение 2). Всего по данным траловых уловов в Приложении 2 представлено 150 позиций. 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).

Необходимо отметить, что более половины видов (и объектов, не определенных до уровня вида) отнесены к случайным компонентам nekтона эпипелагиали и неритической пелагиали (табл. 3.1.1). К случайным компонентам, как правило, относятся донные виды рыб в шельфовых районах (АНР, ККШ, Глуб.), а также представители мезопелагической и батипелагической фаун (Глуб.). 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. 3.1.1). В целом пропорции вышеуказанных групп видов в рассматриваемых районах принципиально схожи.

Таблица 3.1.1

Количество учтенных видов nekтона эпипелагиали западной части Берингова моря
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.

Далее в данной главе мы анализируем только список, включающий в себя виды от

редких до константных. В последующих главах внимание уделяется только частым и константным видам, поскольку при высокой встречаемости их обилие также относительно высоко и только виды из этих двух групп играют значимую роль как в видовой, так и в трофической структуре нектона.

Из всего количества рассматриваемых видов (без учета случайных) чуть менее половины принадлежало пяти семействам – Gonatidae, Salmonidae, Pleuronectidae, Cottidae, Gadidae (от 4 до 9 видов на семейство) (рис. 3.1.1).

Среди трех районов наиболее богатым в видовом отношении был анадырско-наваринский (АНР) – 46 видов, в глубоководных районах в эпипелагиали идентифицировано 40 видов, а в эпипелагиали карагинско-корякского шельфа (ККШ) – 34 вида (рис. 3.1.1).

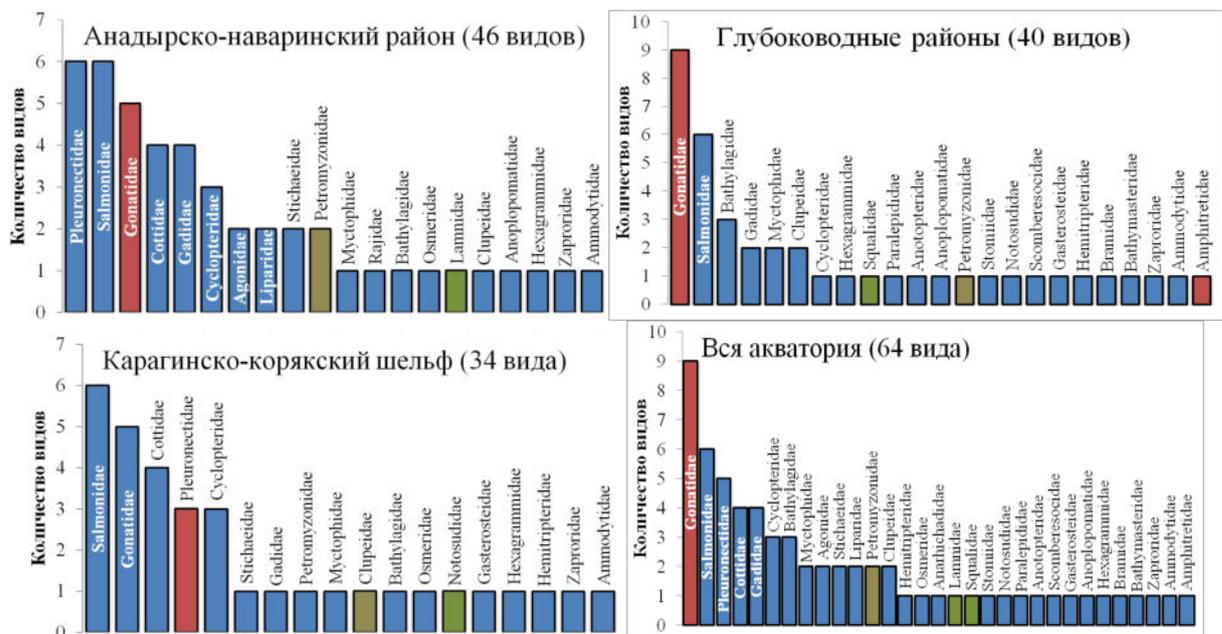


Рис. 3.1.1. Распределение количества видов нектона (от редких до константных) по семействам в эпипелагиали глубоководных районов западной части Берингова моря в 2003–2021 гг.

Характерно, что, несмотря на наибольшее количество встреченных видов в АНР, среднее количество видов на траление в этом районе было наименьшим – 3–5 (рис. 3.1.2) и только в северной части зал. Анадырь и в районе Берингова пролива в уловах в среднем наблюдалось 5–7 видов, что, очевидно, связано с наличием видов арктического комплекса. Наибольшее среднее количество видов на трал отмечено в Командорской котловине и в Карагинском заливе, где в среднем за траление учитывалось 7–9 видов (рис. 3.1.2). В Алеутской котловине среднее количество на траление составляло 5–7 видов. В целом количеству встречаемых видов за траление соответствовало и

распределение индекса видового разнообразия Симпсона с наибольшими значениями в Командорской котловине и наименьшими в АНР (рис. 3.1.2).

Представленный общий список учтенных видов рыб и рыбообразных (113 видов) (Приложение 2) составляет около трети всего состава ихтиофауны Берингова моря, число видов которой по разным оценкам варьирует от 297 до 393 [Андряшев, 1939; Фёдоров, 1973; Парин, 2004; Токранов, 2010; Datsky, 2016]. Без учета случайных видов (54 вида) доля видового богатства эпипелагиали западной части Берингова моря составит немногим более 1/10 всего видового богатства Берингова моря. По оценкам О.А. Иванова [Иванов, Суханов, 2012; Иванов, 2013] в пелагиали (включая и мезопелагический слой) западной части Берингова моря идентифицировано 170 видов рыб и рыбообразных.

Среди головоногих моллюсков представленное число видов (10) составляет около 1/3 всего видового состава головоногих западной части Берингова моря [Катугин, Шевцов, 2012].

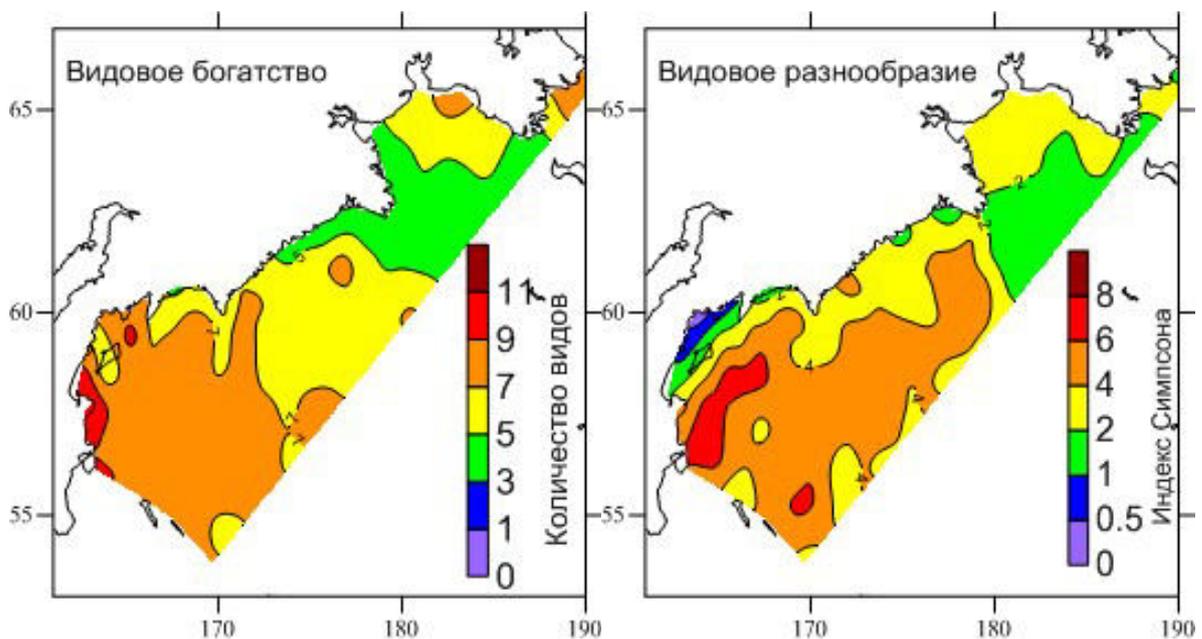


Рис. 3.1.1. Пространственное распределение видового богатства траловых (среднее количество видов в трале) (слева) и индекса видового разнообразия Симпсона (справа) в верхней эпипелагиали западной части Берингова моря в 2003–2021 гг.

3.2 Биотопические и зоогеографические группировки

В зависимости от принадлежности к тому или иному биотопу для nekтона верхней эпипелагиали было выделено 11 биотопических и 7 зоогеографических группировок согласно классификации О.А. Иванова и В.В. Суханова [2012] (рис. 3.2.1), объединяющих как пелагические, так и nekтобентосные виды. В пелагиали западной части Берингова

моря, как и в других дальневосточных морях [Парин, 1968; Радченко, 1994; Лапко, 1996; Фёдоров, Парин, 1998; Фёдоров, 2000; Иванов, Суханов, 2002; Соколовский и др., 2007], закономерно высока встречаемость нектобентосных видов (тип биотопа – ВБ, ЭЛ, СЛ, НБ на рис. 3.2.1), доля которых составляла 42 % (без учета случайных), что принципиально соответствует оценкам В.И. Радченко [1994] и О.А. Иванова [2013] для пелагического нектона западной части Берингова моря. При этом доля нектобентосных видов была закономерно выше в шельфовых районах: в ККШ – 41 %, в АНР – 54 %. В глубоководных районах доля нектобентосных видов составляла всего 22 %.

Несмотря на значительную долю в общем количестве видов нектона, встречаемость нектобентосных видов в эпипелагиали, за некоторыми исключениями, была достаточно низкой, большинство – редкие виды, реже – обычные и только в отдельных случаях частые (например, молодь *Pleurogrammus monopterygius*, *Aptocyclus ventricosus* и *Zaprora silenus*) (Приложение 2). Также невелика и их доля в общей биомассе нектона. Взрослые особи нектобентосных видов в эпипелагических уловах являются случайным компонентом и чаще отмечаются в шельфовых районах, хотя нередки случаи поимки взрослых нектобентосных видов и в глубоководных районах. Личинки и молодь донных видов в эпипелагиали, напротив, встречаются регулярно на протяжении летне-осеннего периода, так как для большинства видов пелагическая стадия является эволюционным механизмом расселения. В западной части Берингова моря, в частности в глубоководных котловинах, очень часто встречаются личинки бычков рода *Hemilepidotus*, морские окуни – *Sebastes* spp., стихеевых – *Stichaeidae* gen. sp., реже наблюдается молодь камбаловых – *Pleuronectidae* gen. sp., бельдюговых – *Zoarcidae* gen. sp., зубаток – сем. *Anarhichadidae*, лисичек – сем. *Agonidae*.

Отдельно следует отметить ряд нектобентосных видов, молодь которых в западной части Берингова моря встречается достаточно часто и достигает достаточно крупных размеров. К таким видам относятся северный одноперый терпуг (*P. monopterygius*), угольная рыба (*Anoplopoma fimbria*), запрора (*Z. silenus*), которые дольше других нектобентосных видов используют пищевые ресурсы пелагиали [Иванов, 2013]. Также такие виды, как двулопастной бычок (*Blepsias bilobus*) и рыба-лягушка (*Aptocyclus ventricosus*), регулярно встречаются в эпипелагиали и во взрослом состоянии. Молодь северного одноперого терпуга в эпипелагиали западной части Берингова моря весьма обильна и в отдельных районах входит в доминирующую по биомассе группировку

видов. Необходимо упомянуть, что биотопический статус рыбы-лягушки неоднозначный [Орлов, Токранов, 2008], что связано с эврибатностью (диапазон глубин 0–1700 м) и эврибионтностью (встречается одинаково часто как в бентали, пелагиали и неритических биотопах) данного вида [Ильинский, Радченко, 1992; Фёдоров, Парин, 1998].

Распределение количества видов по биотопическим и зоогеографическим группировкам наглядно представлено на рис. 3.2.1. Во всех районах исследуемой акватории наибольшее количество видов принадлежало элиторальной группе (21 вид), а также мезопелагической (13 видов). Среди зоогеографических группировок подавляющее большинство видов закономерно относилось к бореальной зоне (36 видов). Интерзональных видов (А-Б, НБ-СТ, СТ-Т) было учтено 22 вида.

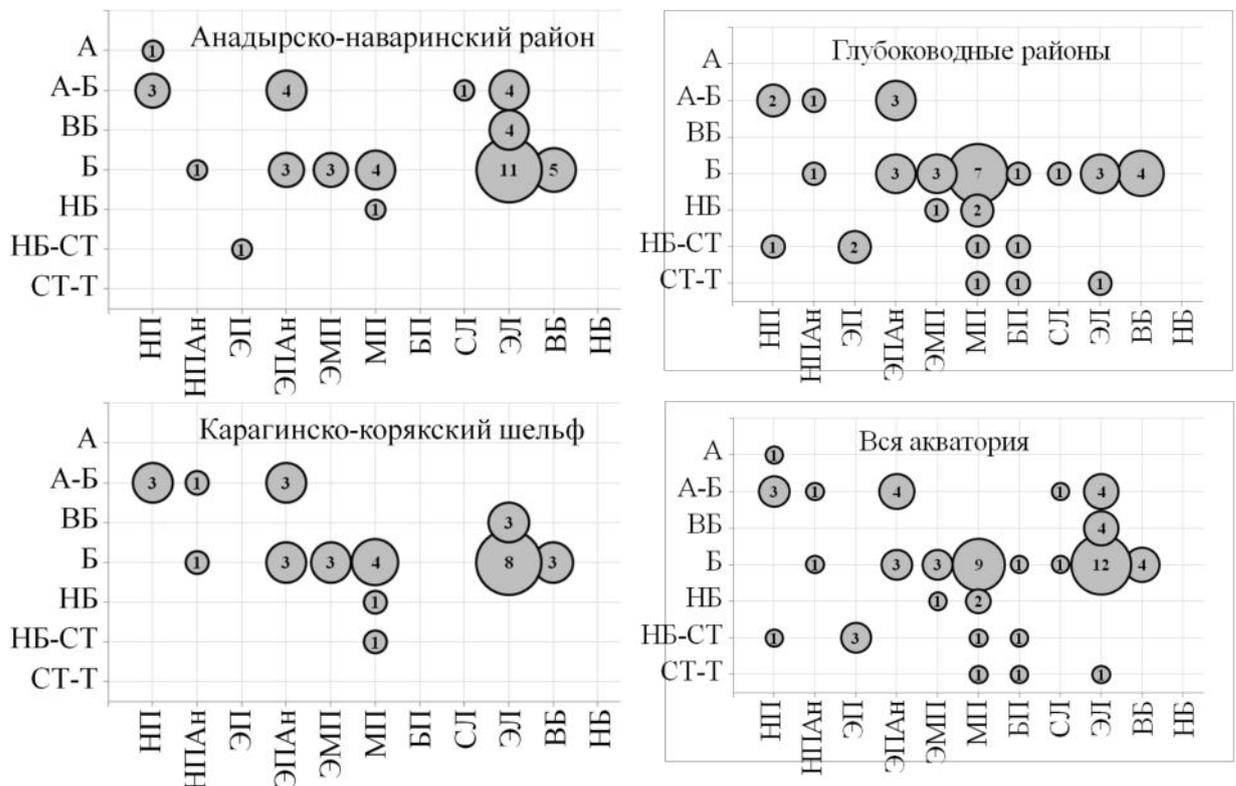


Рис. 3.2.1. Распределение количества видов nekтона по биотопическим (ось абсцисс) и зоогеографическим (ось ординат) группировкам в эпипелагиали западной части Берингова моря в 2003–2021 гг. Биотопическая принадлежность [Иванов, Суханов, 2012; Иванов, 2013]: ЭП – эпипелагический; ЭПАн – эпипелагический анадромный; ЭМП – эпимезопелагический; НП – неритопелагический; НПАн – неритопелагический анадромный; МП – мезопелагический; СЛ – сублиторальный; ЭЛ – элиторальный; ВБ – верхнебатиальный. Тип ареала [Иванов, Суханов, 2012; Иванов, 2013]: А-Б – арктическо-бореальный (интерзона); Б – бореальный (зона); ВБ – высокобореальный (подзона бореальной зоны); НБ – низкобореальный (подзона бореальной зоны); НБ-СТ – нижнебореально-субтропический (интерзона); СТ-Т – субтропическо-тропический (подзоны тропической зоны).

При сравнении отдельных районов акватории исследования видно, что

соотношение видов по биотопическим и зоогеографическим группировкам в шельфовых районах (ККШ и АНР) было принципиально схожим с преобладанием нектобентосных видов более северных зоогеографических зон и подзон (А, А-Б, ВБ, Б) (рис. 3.2.1). Различие между данными районами заключалось в наличии в ККШ видов низкобореальной, низкобореально-субтропической зон, а в АНР – в большом количестве высокобореальных, арктическо-бореальных и арктических видов.

В глубоководных районах, помимо большого количества нектобентосных, закономерно велика доля пелагических видов, включая мезопелагические и бентопелагические. При этом в глубоководных районах отмечалось большое количество видов более южных зоогеографических областей (НБ, НБ-СТ, СТ-Т) и отсутствие арктических видов (рис. 3.2.1). Проникновение южных видов в западную часть Берингова моря происходит исключительно в летне-осенний период с использованием данной акватории для нагула.

3.3 Встречаемость видов

В целом по всей акватории исследований (рис. 3.3.1) наиболее часто встречающимся видом была кета (*Oncorhynchus keta*) (80 %), немногим менее часто в уловах отмечался северный кальмар (*Boreoteuthis borealis*) (оценка по ночным тралениям). Помимо этого, среди наиболее часто встречающихся видов следует отметить нерку (*O. nerka*), горбушу (*O. gorbuscha*), светлоперого стенобраха (*Stenobrachius leucopsarus*), чавычу (*O. tshawytscha*), минтая (*Theragra chalcogramma*), камчатского гонатуса (*Gonatus kamtschaticus*), дальневосточную серебрянку (*Leuroglossus schmidtii*), северного одноперого терпуга, сельдь (*Clupea pallasii*), скопелозавра Харри (*Scopelosaurus harryi*). Встречаемость перечисленных видов превышала 20 %.

Отдельно по районам встречаемость видов различалась: так, в ККШ вторым по встречаемости видом в эпипелагиали (после кеты) была сельдь (54 %), в 50 % случаев отмечался минтай и в 31 % случаев – мойва (*Mallotus villosus*). Достаточно часто в эпипелагиали ККШ (рис. 3.3.1) отмечались мезопелагические виды: северный кальмар (51 %), светлопёрый стенобрах (21 %), серебрянка (17 %). Это связано с узкой конфигурацией шельфа и периодическим разрушением фронтальных зон на кромке шельфа и заносом вод из глубоководных районов [Верхунов, 1995; Шунтов, 2001].

В АНР (рис. 3.3.1) наиболее часто встречающимся видом был минтай (77 %),

также высока встречаемость кеты (54 %), сельди (49 %), мойвы (43 %) и чёрного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*) (28 %). Отмечается проникновение северного кальмара в эпипелагиаль АНР (27 %) в присваловые области.

В глубоководных районах (рис. 3.3.1) наиболее часто встречающимся видом был северный кальмар, который отмечался фактически во всех ночных уловах. Наибольшая встречаемость в глубоководных районах была у тихоокеанских лососей по сравнению с другими районами, что, очевидно, связано с тем, что глубоководные районы являются основной зоной их нагула и миграций. Кижуч (*O. kisutch*) среди тихоокеанских лососей отмечался реже всего (32 %).

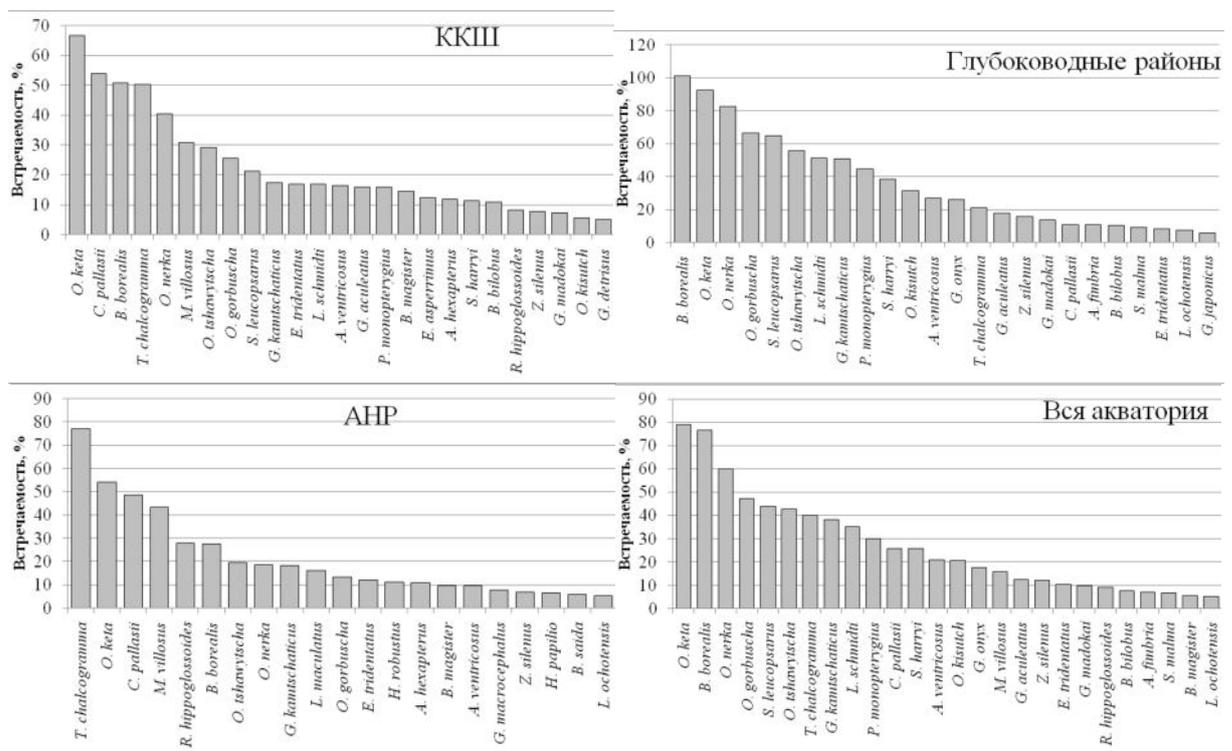


Рис. 3.3.1. Распределение видов нектона по встречаемости в уловах в эпипелагиали западной части Берингова моря в 2003–2021 гг.

Таким образом, по результатам исследований в эпипелагиали западной части Берингова моря общее зарегистрированное количество видов составило 131, при этом большая часть этого количества (67 видов) относилась к случайным и исключена из анализа, 64 вида имели статус встречаемости от «редкий» до «константный». Из всего количества анализируемых видов нектона 46 – в АНР, 34 – в ККШ и 40 – в глубоководных районах.

Закономерно, что значительная часть учтённых видов относилась к нектобентосу (42 %) с наибольшими значениями в шельфовых районах и наименьшими в

глубоководных котловинах. Наибольшее видовое богатство уловов и видовое разнообразие nekтона (индекс Симпсона) наблюдались в Командорской котловине, а наименьшее – в АНР. Сравнение различных районов исследуемой акватории по биотопической и зоогеографической принадлежности видов nekтона показало, что в АНР по количеству преобладают нектобентосные (наибольшее количество видов – элиторальная и верхнебентальная группировки) виды более северных ареалов, в ККШ – количество видов с северными ареалами было ниже и встречались виды южных ареалов. В глубоководных котловинах преобладающее количество видов относились к мезопелагическим, бентопелагическим, эпимезопелагическим группировкам, при этом большее количество видов имели южные ареалы. Такое соотношение районов западной части Берингова моря полностью соответствует данным О.А. Иванова [2013] по широтно-зональному районированию nekтона.

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

4.1 Выделение периодов

Для выделения периодов в динамике видовой структуры nekтона использовали метод многомерного шкалирования. Для сравнения видовой структуры nekтона в различные годы исследований использовались величины, обратные рангу вида ($1/\text{ранг}$). Таким образом, обилие каждого вида находилось в пределах от 0 до 1; виду, занимающему первый ранг в видовой структуре, присваивалось значение 1, второму виду – 0,5, третьему – 0,33 и т.д. Проверка многомерного шкалирования проводилась также методом k -средних. При выделении периодов во внимание бралась типизация лет, предложенная В.П. Шунтовым (1980–1991, 1991–1995, 1996–2005, 2006–2009) [Шунтов и др., 2007; Шунтов, Темных, 2008а; Иванов, 2013; Шунтов, 2016а].

Результаты анализа представлены на рис. 4.1.1 Фактически во всех районах выделялись отдельные кластеры лет с характерными отличиями в видовой структуре. В глубоководной части как в верхней, так и в нижней эпипелагиали отчетливо в отдельный кластер выделяются 1986–1990 гг. Годы исследований с 1991 по 2019 объединены в другой кластер, при этом видно, что большинство лет после 2000 г. были сгруппированы плотным сгустком и лишь отдельные годы были немного удалены от него на плоскости многомерного пространства.

На северо-западном шельфе в нижней эпипелагиали все годы исследований были расположены единым облаком без возможности выделить отдельные кластеры, иными словами – видовая структура в этом биотопе во все годы исследований была схожей. Для верхней эпипелагиали выделено два кластера: первый кластер – 1986–2002 гг., а также 2015 г., второй кластер – 1987 и 2003–2013 гг.

В районе карагинско-корякского шельфа в верхней эпипелагиали годы исследований были сгруппированы следующим образом: первый кластер – 1986–2002 и 2010 гг., второй кластер – 1991, 1992 и 2003–2018 гг. В нижней эпипелагиали также выделены два кластера: 1986–2002 и 2000–2018 гг., а также 1997 г.

В итоге для глубоководной части можно выделить периоды 1986–1990 и 1991–2019 гг., а в шельфовых районах – 1986–2002 и 2003–2019 гг. Для возможности сравнения оценок биомассы между районами и для построения карт пространственного распределения биомассы видов по периодам лет было решено выделить следующие периоды для всех районов: 1986–1990, 1991–2002 и 2003–2019 гг. В общих чертах, такая типизация лет соответствует предложенной ранее В.П. Шунтовым, для всех дальневосточных морей, с некоторым уточнением для Берингова моря.

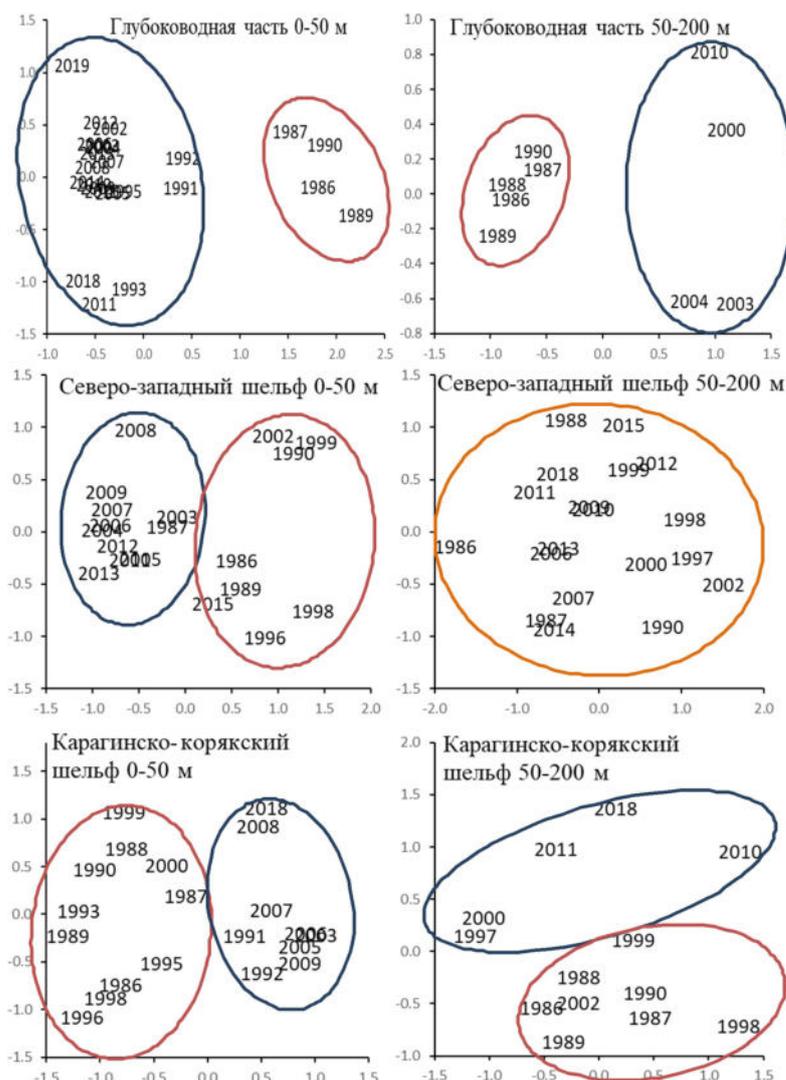


Рис. 4.1.1. Результаты многомерного шкалирования видовой структуры нектона по рангам в различных районах эпипелагиали западной части Берингова моря

Основные изменения в видовой структуре нектона в выделенных периодах связаны с обилием всего нескольких массовых видов нектона, слагающих ядро сообщества, на долю которых приходится 90–99 % биомассы нектона. Среди доминирующих видов к эпипелагиали относятся прежде всего минтай и кета, а также ряд других – нерка, горбуша, сельдь, северный гонатопис, светлоперый стенобрах,

камчатский гонатус, мойва. На рис. 4.1.2 показано, что фактически во всех районах основные различия в выделенных периодах заключались в изменении ранга минтая и ряда других видов, указанных выше.

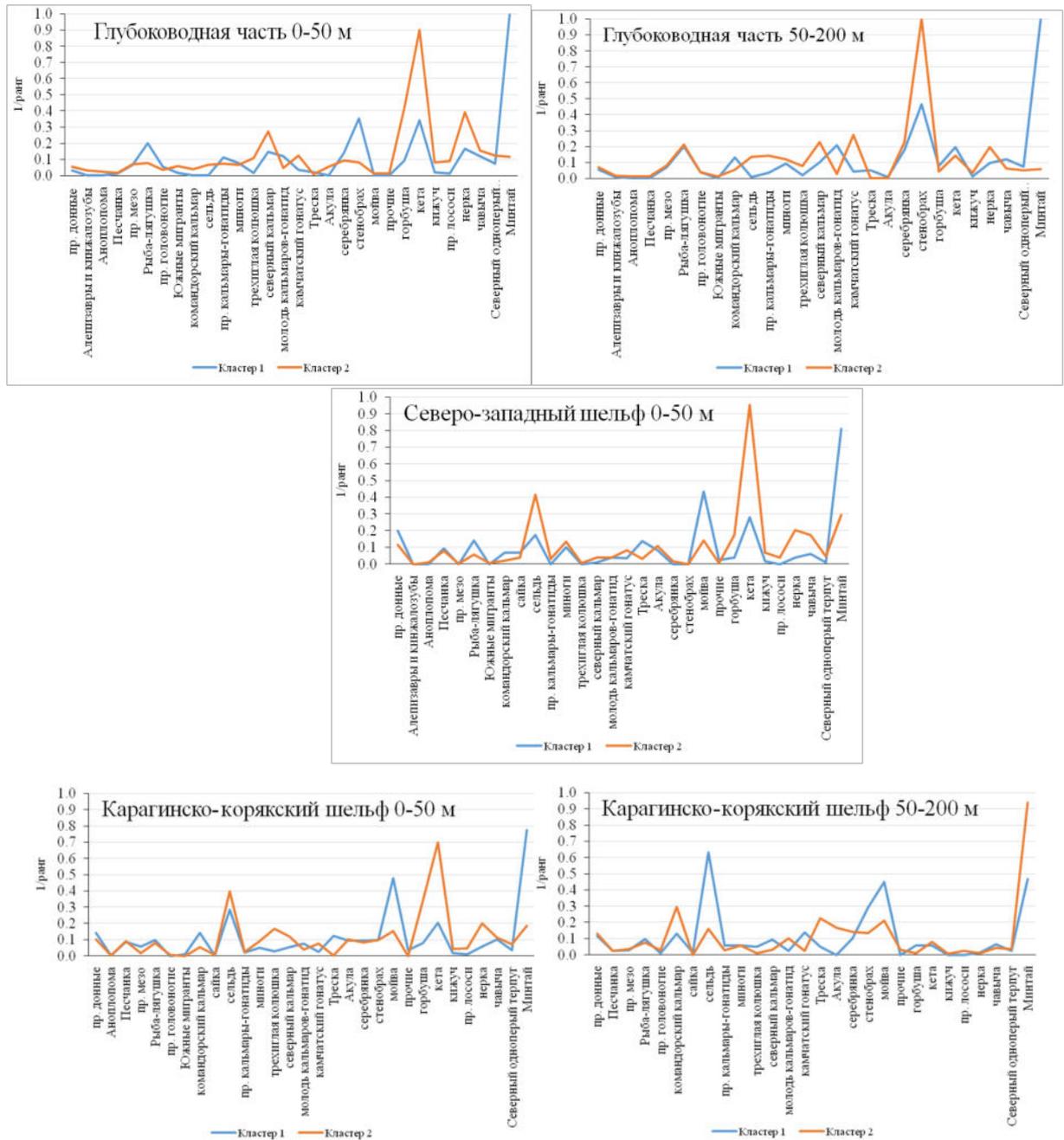


Рис. 4.1.2. Ранговая характеристика видовой структуры nekтона для выделенных кластеров в западной части Берингова моря

Таким образом, по особенностям видовой структуры глубоководные и шельфовые районы в отдельности более-менее четко разделяются на два периода, но протяженность этих периодов для районов шельфа и глубоководной части различалась – 1986–1990 и 1991–2019 гг. для глубоководной части и 1986–2002 и 2003–2019 гг. для шельфа. Для возможности дальнейшего анализа видовой структуры и пространственного

распределения видов по всем районам было выделено три периода в динамике видовой структуры нектона: 1986–1990, 1991–2002 и 2003–2019 гг.

4.2 Изменения биомассы и пространственного распределения доминирующих видов нектона эпипелагиали и видовой структуры нектона по периодам лет

4.2.1 Минтай

Биомасса взрослого минтая **в глубоководных районах** снизилась относительно 1986–2019 гг. к современному периоду на два порядка (рис. 4.2.1): с $1,0 \pm 0,7$ млн т до 11,8 тыс. т в верхней эпипелагиали и с $3,0 \pm 1,4$ млн т до 40 ± 35 тыс. т в нижней эпипелагиали. Биомасса молоди минтая также сократилась в глубоководных районах на 1–2 порядка (Приложение 7).

Указанные изменения в обилии минтая отчетливо просматриваются и на картах его распределения по периодам лет (Приложение 7). В 1986–1990 гг. взрослый минтай был массово распространен в глубоководных районах с концентрациями до $5\text{--}10$ т/км² в верхней и до $10\text{--}20$ т/км² в нижней эпипелагиали. В последующие периоды отмечается постепенное снижение подходов минтая в глубоководные районы: если в 1991–2002 гг. он отмечался в районе Командорской котловины в концентрациях до $0,5\text{--}1,0$ т/км², а также в районе свала глубин карагинско-корякского шельфа и наваринского района с концентрациями до $2\text{--}5$ т/км², то в современный период (2003–2019 гг.) в глубоководных районах взрослый минтай фактически не наблюдался за исключением присвальной части наваринского района.

Что характерно, минтай, нагуливающийся в глубоководных районах Берингова моря, в отличие от шельфовых областей, был крупноразмерным и половозрелым в возрасте старше 5 лет [Шунтов и др., 1993; Глубоков, 2004; Булатов, 2014].

Для молоди минтая картина изменения пространственного распределения по периодам лет практически соответствовала распределению взрослого минтая (рис. 4.2.2), однако в отдаленных от шельфа и континентального склона районах глубоководных котловин молоди минтая в верхней эпипелагиали не отмечалось. Основные концентрации молоди все же были приурочены к районам, примыкающим к шельфу и свалу глубин. Наибольшее распространение в мористых районах молодь минтая имела в 1986–1990 гг., когда её уловы отмечались и в Алеутской, и в Командорской котловине. В 1991–2002 гг. молодь минтая также наблюдалась в

Алеутской котловине, но ее концентрации были более приурочены присваловым районам. В 2003–2019 гг. молодь минтая облавливалась на шельфе.

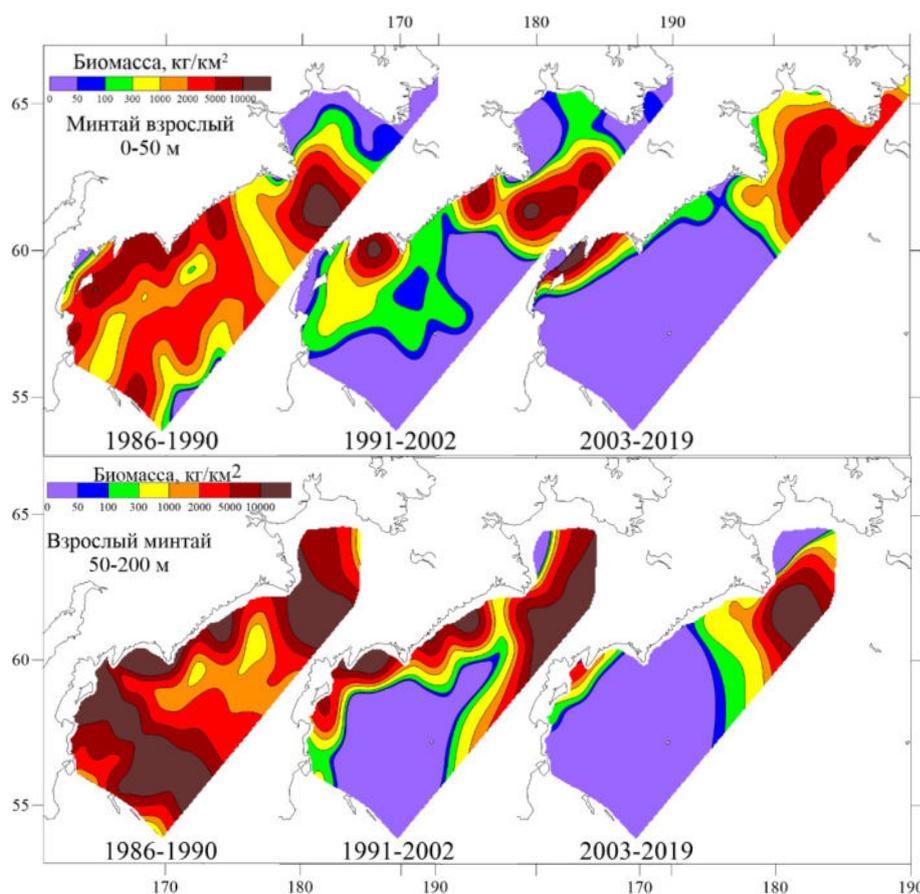


Рис. 4.2.1. Пространственное распределение взрослого минтая в западной части Берингова моря по периодам лет

Причиной таких существенных изменений в биомассе и пространственном распределении минтая в эпипелагиали глубоководных котловин являются колебания численности восточноберингоморской популяции [Шунтов и др., 1993; Булатов, 2004; Степаненко, Грицай, 2016] и в меньшей степени западноберингоморской популяции [Глубоков, 2004]. При высокой численности минтая включается в действие плотностной фактор, который обуславливает выход в глубоководные районы.

Запас суперпопуляции восточной части Берингова моря был максимален в 1980-х гг. вследствие появления суперурожайного поколения 1978 г. и урожайных поколений 1982 и 1984 гг. [Шунтов и др., 1993; Зверькова, 2003; Ianelli et al., 2017]. После элиминации данных поколений наметилась тенденция к уменьшению запасов, и в 2000-е гг. запас восточноберингоморской популяции минтая оценивался в 6–10 млн т при минимальной оценке в 2008 г. – 4,9 млн т [Ianelli et al., 2017]. Появление высокоурожайных поколений в 2008, 2012 и 2013 гг. обеспечило очередной рост запасов в последние несколько лет (2015–2017) на уровне 12,0–13,5 млн т [Ianelli et al., 2017],

что сравнимо и даже выше, чем модельные оценки запасов минтая для середины 1980-х гг. Однако по оценкам В.П. Шунтова с соавторами [1993] биомасса минтая всего Берингова моря в середине 1980-х гг. составляла 20–25 млн т, более 80 % приходилось на восточноберингоморскую популяцию.

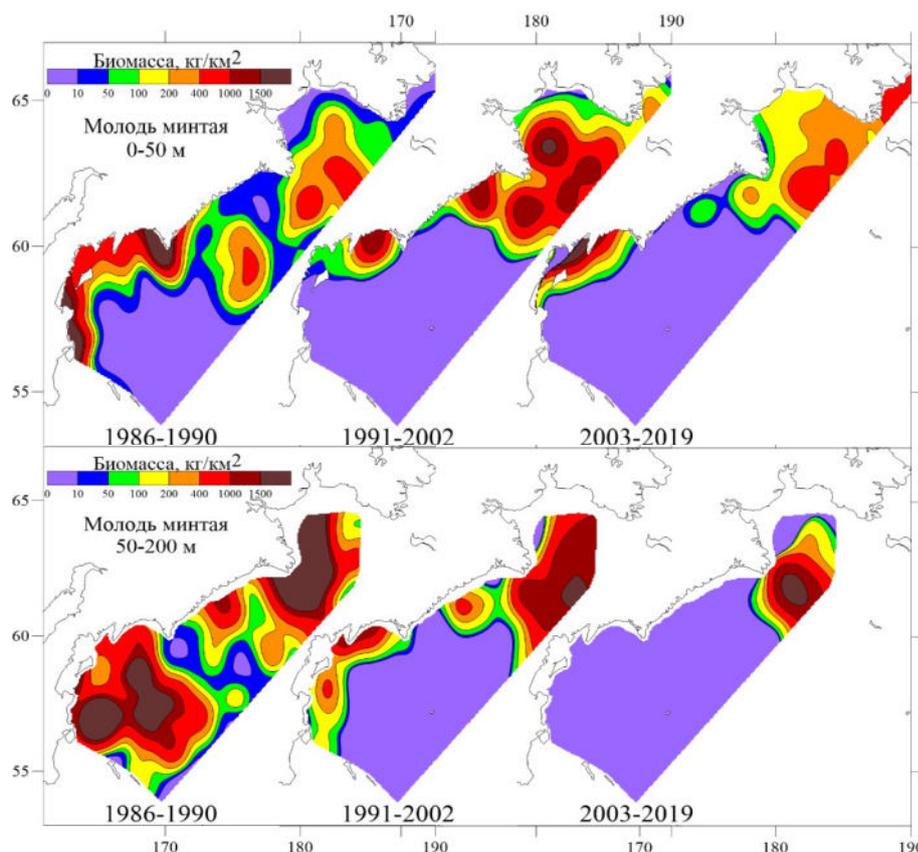


Рис. 4.2.2. Пространственное распределение молоди минтая в западной части Берингова моря по периодам лет

У восточноберингоморской популяции отмечается большое разнообразие нерестилищ, которое сводится к двум стратегиям нереста – шельфовый нерест и глубоководный [Степаненко, Николаев, 2004]. Наличие двух типов нереста поддерживает воспроизводственный потенциал восточноберингоморской популяции на высоком уровне. При этом считается, что миграции минтая в глубоководные районы связаны по большей части с динамикой минтая пелагического нереста, а именно в юго-восточной части Алеутской котловины у о-вов Богослова [Глубоков, 2004; Степаненко, Николаев, 2004; Булатов, 2020]. Биомасса минтая на нерестилищах в юго-восточной части Алеутской котловины была максимальной в конце 1980-х гг. и превышала 2 млн т, в последующие годы биомасса этой группировки минтая снизилась и по настоящее время находится на низком уровне [Janelli et al., 2017], не способном обеспечить массовый выход в открытые глубоководные районы. Тем не менее в недавней работе

О.А. Булатова [2020] высказывается версия, что динамика биомассы богословского минтая связана с изменениями индекса тихоокеанской декадной осцилляции (PDO), и ввиду тенденции на увеличение биомассы минтая в богословском районе в последние годы и положительными аномалиями PDO следует в скором времени ждать очередного массового выхода минтая в глубоководные районы. Подобное мнение высказывал и А.И. Глубоков [2004], считая, что минтай в скором времени увеличит численность в богословском районе и начнет снова массово нагуливаться в глубоководных районах, однако этого пока не произошло.

В анадырско-наваринском районе (АНР), в отличие от района глубоководных котловин столь значительных изменений в биомассе минтая не наблюдалось (Приложение 8). Разница в оценках биомассы взрослого минтая по периодам лет укладывается в доверительный интервал при небольшом тренде на снижение (Приложение 8). Биомасса взрослого минтая в эпипелагиали АНР в 1986–1990 гг. оценена в 1502 ± 911 тыс. т, в 1991–2002 гг. – 1295 ± 785 тыс. т, в 2003–2019 гг. – 1172 ± 701 тыс. т, т.е. уменьшение биомассы составило около 22 % с учетом значительной межгодовой изменчивости.

Для сравнения, в недавней работе В.П. Шунтова и И.В. Волвенко [2020] биомасса минтая в донных и придонных биотопах на основании данных донных траловых съемок, наоборот, увеличилась в полтора-два раза.

Биомасса минтая в АНР обеспечивается за счет миграций средневозрастного, половозрелого минтая восточноберингоморской популяции [Шунтов и др., 1993; Степаненко, 2001; Борец и др., 2002; Степаненко, Грицай, 2013]. Полученные результаты соответствуют оценкам нагульного минтая в АНР, полученным М.А. Степаненко, Е.В. Грицай [2013, 2016], – 1–2 млн т. Учитывая, что биомасса взрослого минтая (возраст 3+ и старше) в восточной части Берингова моря в 1980-е гг. превышала 10 млн т, а в современный период изменяется в пределах 4–10 млн т [Степаненко, Грицай, 2013; Ianelli et al., 2017], в АНР ранее нагуливалось около 7 %, а в современный период 10–20 % всей биомассы популяции.

Стоит отметить, что в 2003–2019 гг. в верхней эпипелагиали наблюдалось более глубокое проникновение минтая в Анадырский залив и в бассейн Чирикова (см. рис. 4.2.1) по сравнению с предыдущими периодами, когда в этих районах его фактически не было. Очевидно, это связано с более мягким ледовым режимом

Берингова моря в последние годы [Mueter, Litzow, 2008; Eisner et al., 2020], в результате воды остаточного зимнего охлаждения имеют ограниченное распространение на северо-западном шельфе, позволяя пелагическим видам (минтаю, сельди, мойве) распространяться далее на север [Кузнецов и др., 2013; Степаненко, Грицай, 2013]. Однако из этого не следует, что на протяжении всего периода 2003–2019 гг. ледовитость моря была низкой, внутри периода отмечена своя квазидекадная цикличность ледовитости с двумя теплыми периодами (2003–2006 и 2014–2019 гг.) и холодным периодом (2007–2013 гг.). В этом отношении примечательно, что в последние годы минтай в заметных концентрациях наблюдается и в Чукотском море [Орлов и др., 2019], и в районе Берингова пролива и бассейна Чирикова с американской стороны [Stevenson, Lauth, 2019; Baker, 2021]. Более северное распространение в 2003–2019 гг. было также характерно и для молоди минтая (см. рис. 4.2.2).

Минтай в верхней эпипелагиали карагинско-корякского шельфа (ККШ) характеризовался снижением общей биомассы с $334,5 \pm 248,8$ тыс. т в 1986–1990 гг. до уровня $176,0 \pm 107,7$ тыс. т в 1991–2002 гг. и $199,1 \pm 75,9$ тыс. т в 2003–2019 гг. (Приложение 9). При этом разница в оценках обилия укладывалась в значение стандартной ошибки. Таким образом, нельзя достоверно сказать, что биомасса взрослого минтая значительно уменьшилась в верхней эпипелагиали данного района. Однако достоверное уменьшение биомассы взрослого минтая отмечено в нижней эпипелагиали ККШ, где его биомасса уменьшилась с $854,6 \pm 287,3$ тыс. т в 1986–1990 гг. до $24,8 \pm 15,6$ тыс. т в 2003–2019 гг. (Приложение 9).

В пространственном распределении взрослого минтая в ККШ также видны изменения по периодам лет (см. рис. 4.2.1): от повсеместного присутствия в 1986–1990 гг. с постепенным фрагментированием скоплений и приуроченности к шельфу и свалу глубин в 1991–2002 гг. В 2003–2019 гг. основные концентрации наблюдались только в районе Карагинского залива. Схожие черты в пространственном распределении наблюдались и у молоди минтая (см. рис. 4.2.2): массовое присутствие по всему шельфу с выходом в глубоководные районы в 1986–1990 гг., локализация только в пределах шельфа и свала глубин в 1991–2002 гг. и «сжатие» скоплений до акватории Карагинского залива в 2003–2019 гг.

В отличие от АНР, где минтай имеет в основном восточнберингоморское происхождение, в ККШ минтай представлен местной западнберингоморской

популяцией. Исключение мог составлять только период 1986–1990 гг., когда восточноберингоморский минтай, нагуливаясь в глубоководных котловинах, достигал данного района [Шунтов и др., 1993; Шунтов, Темных, 2008б]. Таким образом, осредненные оценки биомассы минтая по периодам лет могут быть отражением динамики его численности. Численность западноберингоморского минтая в 1986–1990 гг. оценивалась на уровне 2–3 млн т [Шунтов и др., 1993; Wespestad 1995; Balykin, 1996; Зверькова, 2003; Балыкин, 2006], с начала 1990-х гг. наметился ощутимый спад численности, а с середины 1990-х гг. и по настоящее время популяция находится в депрессивном состоянии и ее общий запас – на уровне 0,2–0,5 млн т.

Переход в депрессивное состояние связан как с влиянием природных факторов, так и в значительной степени с перепромыслом. С 1970-х до середины 1990-х гг. эта популяция активно эксплуатировалась промыслом: общий вылов в этот период в среднем находился на уровне 200–300 тыс. т, с 1995 г. объёмы вылова резко сократились. С 2002 по 2007 г. действовал запрет на специализированный промысел минтая в Карагинской подзоне, однако это несильно способствовало его восстановлению вследствие активной добычи минтая этой популяции в Западно-Берингоморской зоне (ЗБЗ). Дело в том, что в 1980-е гг. согласно правилам рыболовства промысел в данной зоне регулировался отдельно для двух подрайонов: к западу от 174° в.д., где преимущественно облавливаются западноберингоморский минтай, и к востоку от 174° в.д., где встречался преимущественно восточноберингоморский минтай. В 1989 г. разделение ЗБЗ на подрайоны было упразднено, вследствие чего значительная часть западноберингоморского минтая попадала под общую квоту. Таким образом, даже запрет на вылов в Карагинской зоне в 2002–2007 гг. несильно повлиял на состояние популяции в связи с систематическим превышением ОДУ в ЗБЗ. Только с 2016 г. введен запрет на промысел минтая к западу от 174° в.д. и только в 2020 и 2021 гг. наметилась тенденция на восстановление запасов данной популяции [Берингоморская минтаевая путина..., 2022].

Наиболее вероятно, что в 1980-е гг. западноберингоморская популяция, находясь на пике биомассы, была какое-то время устойчива к промысловому прессу. Начало снижения запасов после 1984 г. было связано с выходом из промысловой части популяции урожайных поколений в ходе естественной циклики под влиянием природных процессов. Однако неэффективное регулирование промысла повлекло за

собой еще большее увеличение объемов добычи в конце 1980 – начале 1990-х гг. На этом фоне были существенно подорваны запасы. Находясь в депрессивном состоянии с низким нерестовым потенциалом, западноберинговоморская популяция не могла дать урожайное потомство. Только с 2016 г. были введены адекватные меры регулирования промысла, исключая перелов. Тенденция на увеличение общего запаса, обозначенная в последние 3–4 года, даёт надежду на восстановление высокой численности западноберинговоморской популяции.

Таким образом, биомасса и характер пространственного распределения минтая в эпипелагиали ККШ являются отражением динамики численности западноберинговоморской популяции, которая в настоящее время находится в депрессивном состоянии. Особенно ярко снижение численности минтая отразилось на его присутствии в нижней эпипелагиали, где биомасса минтая сократилась на два порядка (Приложение 9).

Учитывая крайне высокую стандартную ошибку вычисления для молодежи минтая, можно предположить, что, несмотря на увеличение оценки биомассы молодежи минтая в 1991–2002 гг., эта величина могла быть серьезно завышена. Вероятно, биомасса молодежи минтая в 1991–2002 гг. не превышала таковую в 2003–2019 гг. – $236,4 \pm 159,2$ тыс. т (Приложение 9).

4.2.2 Сельдь

На фоне значительного уменьшения обилия минтая в глубоководных районах и ККШ, а также незначительного уменьшения в АНР биомасса других массовых видов нектона увеличилась, в частности сельди. В 2003–2019 гг. сельдь стала отмечаться в районе глубоководных котловин в больших концентрациях в присваловой части, хотя в 1986–1990 и 1991–2002 гг. она наблюдалась преимущественно в пределах шельфа (рис. 4.2.3). В верхней эпипелагиали глубоководных котловин биомасса сельди фактически не изменялась с 1986–1990 по 1991–2002 гг., но почти втрое увеличилась с 8,4 до 24,2 тыс. т в 2003–2019 гг. (Приложение 7). В нижней эпипелагиали биомасса сельди в глубоководных районах возросла с 10,9 до $25,7 \pm 44,0$ тыс. т к 1991–2002 гг. и до $32,7 \pm 65,0$ тыс. т в 2003–2019 гг. (Приложение 7).

Увеличение биомассы сельди в глубоководных районах является прямым следствием роста запасов восточноберинговоморских популяций сельди и в меньшей

степени корфо-карагинской сельди. Подобно минтаю, у сельди плотностной фактор вступает в действие при достижении высокого уровня запасов, в результате чего сельдь распространяется и в глубоководные районы. Например, в 2010 г. она учитывалась повсеместно в глубоководной Алеутской котловине западной части Берингова моря. Также сельдь регулярно отмечается в летне-осенний период в присваловых областях Командорской котловины. В 1950-х гг. при максимальном уровне численности корфо-карагинской сельди также наблюдались ее выходы в глубоководные районы [Качина, 1981; Науменко, 2001]. По мнению В.И. Радченко [1994], каких-либо биологических и экологических ограничений для освоения эпипелагиали глубоководных районов сельдь не испытывает, единственным препятствием может служить недостаточная плотность её скоплений, которая вынуждала бы сельдь откочевывать в открытые воды.

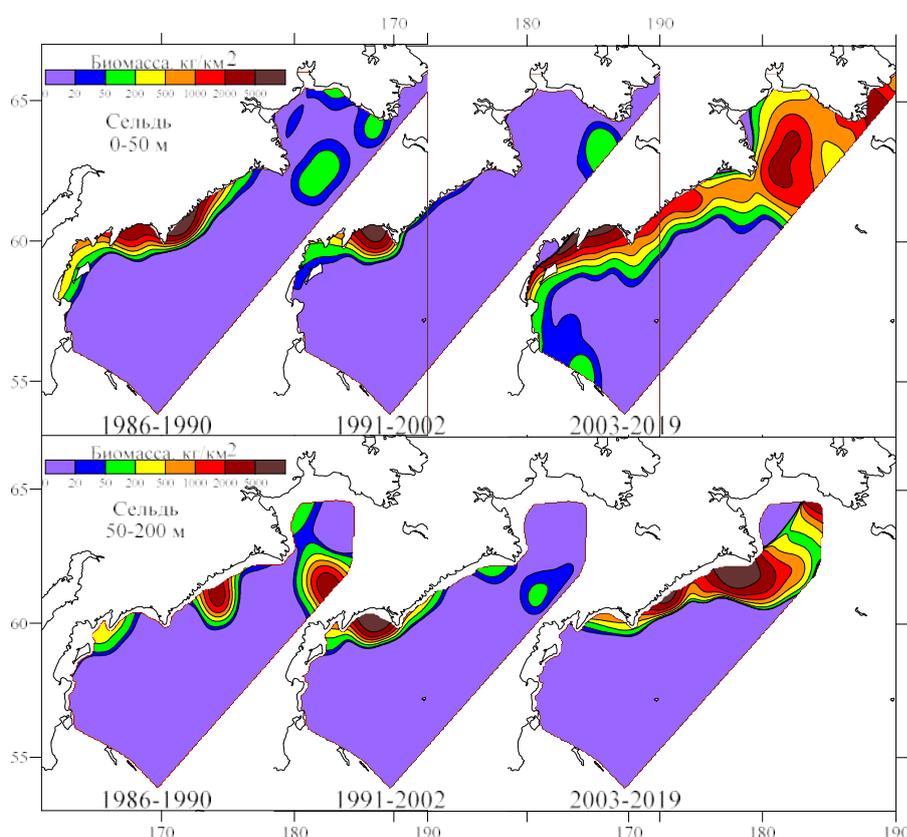


Рис. 4.2.3. Пространственное распределение тихоокеанской сельди в западной части Берингова моря по периодам лет

В АНР биомасса сельди к современному периоду изменилась от $35,2 \pm 168,5$ тыс. т в 1986–1990 гг. до 328 ± 262 тыс. т в 2003–2019 гг. (верхняя и нижняя эпипелагиаль), причем увеличение биомассы произошло именно в современный период (Приложение 8), а в 1991–2002 гг. биомасса сельди в АНР также была относительно низкой. На картах пространственного распределения сельди (рис. 4.2.3) видно, что в современный период сельдь встречалась в пределах всего АНР, включая северную часть зал. Анадырь и

бассейн Чирикова, основные же концентрации сельди были приурочены к мысу Наварин.

Рост концентрации сельди в АНР, так же как и в глубоководных районах, связан с увеличением запасов восточноберингоморской сельди [Wespestad, Barton, 1979; Науменко, 1983; Soong et al., 2008; Menard et al., 2017; Stumpf, 2018; Salomone et al., 2019] с 1980-х гг., при этом наибольший рост численности наблюдается для северных популяций – Кускоквима и зал. Нортон. В период нагула сельдь распространяется на обширную акваторию восточноберингоморского шельфа, а также достигает АНР. В американской литературе зачастую этот факт упускается из виду при анализе миграций [см. напр. Tojo et al., 2007], хотя еще в период Берингоморской экспедиции ТИНРО-ВНИРО в конце 1950-х – 1960-е гг. были обнаружены значительные запасы восточноберингоморской сельди и описана схема их миграций, включая нагульные миграции в АНР [Дудник, Усольцев, 1964].

С ростом запасов восточноберингоморской сельди увеличились и масштабы ее распространения в российские воды [Сомов, 2015а], она могла достигать районов к западу от мыса Наварин, т.е. частично заходя в район карагинско-олюторского шельфа. Исходя из результатов многолетних наблюдений был сделан вывод, что в северо-западную часть Берингова моря на сезонный нагул мигрирует только половозрелая либо впервые созревающая сельдь [Лобода, Жигалин, 2017]. В АНР сельдь восточных стад регулярно отмечается в прилове при специализированном промысле минтая, а с 2015 г. ведётся ее специализированный промысел с выловом на уровне 39–76 тыс. т [Нагульная сельдь..., 2019].

Дополнительный фактор, обусловивший более массовое распространение американской сельди в российские воды, – потепление Берингова моря. Судя по данным пелагических траловых съемок на восточном шельфе в 2003–2011 гг. было показано, что в теплые годы сельдь концентрируется в северо-западной части у границы ИЭЗ РФ, пересекая ее, образуя высокие концентрации, в холодные годы, нагульная сельдь более приурочена к водам зал. Нортон и к востоку от о. Св. Лаврентия [Andrews et al., 2016; Yasumiishi et al., 2020].

В то же время по нашим данным рост концентрации сельди отмечался и в Карагинском, и в Олюторском заливах, притом, что значительного роста численности корфо-карагинской сельди в 2000-е гг. не наблюдалось, хотя она в среднем была выше, чем

в 1980-е – начале 1990-х гг., когда был выполнен основной комплекс исследований для периода 1986–1990 и 1991–2002 гг. Однако даже в годы очень высокой численности корфо-карагинская сельдь лишь в редких случаях достигала района АНР, нагуливаясь преимущественно в пределах карагинско-корякского шельфа и смежных вод Командорской котловины. Как и в случае с восточноберингоморской сельдью, корфо-карагинская сельдь, помимо нагула в районе шельфа, может выходить и в мористые области Командорской и западной части Алеутской котловин, что неоднократно отмечалось.

Так же как и минтай, сельдь на карагинско-корякском шельфе представлена местной корфо-карагинской популяцией [Науменко, 2002, 2010]. В годы высокой численности корфо-карагинская сельдь при нагульных миграциях может достигать наваринского района и образовывать смешанные скопления с восточноберингоморскими популяциями.

Биомасса сельди в эпипелагиали ККШ в 1986–1990 гг. была оценена в $124,5 \pm 95,8$ тыс. т, в 1991–2002 гг. – $137,8 \pm 119,6$ тыс. т, в современный период биомасса сельди оценена в $212,6 \pm 131,1$ тыс. т (Приложение 9). Таким образом, биомасса сельди за весь период наблюдений увеличилась на 40 % (но необходимо иметь в виду высокую погрешность оценки). Эти данные в некоторой степени соответствуют динамике численности сельди [Науменко, 2010; Нагульная сельдь..., 2019]: в конце 1980-х гг. ее численность оценивалась на уровне 200 тыс. т, в 1990-е гг. – 350–400 тыс. т (с флюктуациями от 100 тыс. т до 1 млн т). Максимум запасов корфо-карагинской сельди в современный период был отмечен в период 1997–2000 гг., когда сверхвысокоурожайное поколение вступило в промзапас [Науменко, 2001, 2010]. После элиминации урожайных поколений уровень численности с середины 2000-х гг. по настоящее время стабильно держится на уровне 300–450 тыс. т.

Также свидетельством роста численности сельди в современный период может служить характер ее пространственного распределения (рис. 4.2.3). В 2003–2019 гг. сельдь в сравнительно высоких концентрациях наблюдалась на всем ККШ, включая и примыкающие присваловые области. Распределение сельди в предыдущие периоды носило более фрагментарный характер с максимальными концентрациями в районе зал. Олюторского. Вероятно, в современный период, в связи с увеличением численности, корфо-карагинская сельдь расширила свой нагульный ареал вплоть до мыса Наварин, что подтверждает данные Т.Ф. Качиной [1981].

4.2.3 Мойва

Еще один массовый пелагический вид, характерный для шельфовых районов Берингова моря, – мойва. В предыдущих сводках мойва также отнесена к доминирующим видам эпипелагиали западной части Берингова моря. Например, по расчетам О.А. Иванова [2013], доля мойвы в 1982–1990 гг. составляла 19,6 % биомассы nekтона (3,07 млн т), а в 1997–2005 гг. – 12,2 % (120 тыс. т), в первом случае представляется, что оценка ее биомассы была завышена. По нашим расчетам, биомасса мойвы несколько увеличилась в АНР по сравнению с 1986–1990 гг. ($32,0 \pm 20,5$ тыс. т) (Приложение 8). В современный период биомасса мойвы оценена в $76,0 \pm 55,5$ тыс. т. Однако в пределах ККШ отмечено общее снижение биомассы с $92,1 \pm 51,2$ тыс. т в 1986–1990 гг. до $63,5 \pm 79,8$ тыс. т в 1991–2002 гг. и до $30,8 \pm 17,0$ тыс. т. в 2003–2019 гг.

В пределах АНР мойва во все периоды отмечалась двумя ядрами концентрации – в северо-западной части зал. Анадырь и в районе Чукотского полуострова, к югу от мыса Чукотского и к югу от Берингова пролива у границы ИЭЗ РФ (рис. 4.2.4). Скорее всего, ядро концентрации в северо-западной части зал. Анадырь характерно для местной популяции мойвы [Науменко, 1996; Ермаков и др., 1997]. Скопления у границы, по-видимому, являются периферией скоплений мойвы на восточноберинговоморском шельфе, где она распределена на всем его протяжении в зоне внутреннего и среднего шельфа (0–50 м) вплоть до Берингова пролива [Hollowed et al., 2012; Parker-Stetter et al., 2013; Ormseth, 2015; Andrews et al., 2016]. Анализ распределения мойвы в холодные и теплые годы в северной части Берингова моря [Andrews et al., 2016] показал, что в теплые годы контуры ее распределения предполагают значительные перемещения в зону РФ, в то время как в холодные годы основные скопления мойвы приурочены к северо-восточной части моря в зоне США, а также на среднем шельфе юго-восточной части моря [Ciannelli, Bailey, 2005].

Судя по характеру пространственного распределения мойвы по периодам лет в пределах ККШ отмечались два основных района ее локализации: Карагинский залив и акватория к юго-западу от мыса Наварин (рис. 4.2.4). Вероятно, что мойва, сконцентрированная у мыса Наварин и пространственно изолированная от карагинской популяции, может принадлежать к анадырской популяции мойвы, которая мигрирует на нагул в данный район.

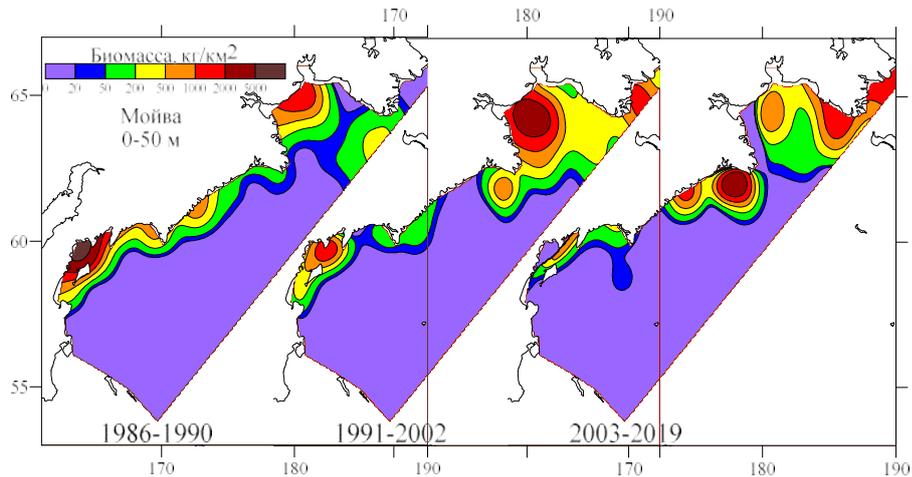


Рис. 4.2.4. Пространственное распределение мойвы в западной части Берингова моря по периодам лет

При изучении особенностей формирования нагульных скопления мойвы в АНР был сделан вывод о том, что ее скопления приурочены к фронтальным зонам Анадырского залива: области соприкосновения вод Наваринского течения и распреснённых холодных вод Анадырского лимана, а также соприкосновения холодных вод ЛПХ и вод Наваринского течения [Радченко, 1994; Науменко, 1996]. Выделено несколько типов распределения мойвы в АНР [Науменко, 1996]. Интересно, что согласно второму типу распределения в теплые годы высокие концентрации мойвы наблюдались с двух сторон от фронтальной зоны: к северо-западу (местная популяция) и к юго-востоку (вероятно, нагульная восточноберингоморская).

В зависимости от выраженности таких фронтальных разделов мойва образует плотные или разреженные нагульные скопления, а когда ее общая численность низка, то она рассеяна по всей акватории независимо от течений и фронтов [Науменко, 1996]. В районе Анадырского залива четко выражена внутрисезонная изменчивость ЛПХ (а именно сокращение его площади от июня к октябрю [Хен, 1988]) со смещением и разрушением фронтальных разделов к концу лета – осени. Вероятно, в этот период скопления мойвы местной и восточноберингоморской группировок смешиваются.

Приведенные выше тотальные оценки мойвы представляются несколько заниженными, но при этом отражают многолетнюю динамику запасов. Траловые оценки мойвы сильно переменчивы. Это связано с тем, что мойва часть суток держится в пелагиали, а часть времени придерживается придонных горизонтов, образуя плотные скопления [Науменко, 1996], которые не облавливаются разноглубинным тралом. Например, в 1983 г. Е.А. Науменко [1986] оценила биомассу мойвы в Анадырском заливе в 19–25 тыс. т, а в 1993 г. на СРТМ «Горный» в августе-октябре было обнаружено

скопление биомассой как минимум 0,2 млн т, в 1994–1995 гг. биомасса мойвы была оценена всего в 1,5–9,0 тыс. т [Ермаков и др., 1997]. В целом для периода 1970–1980-х гг. биомасса анадырской мойвы была оценена на уровне 100–300 тыс. т [Науменко, 1996], что выше оценок, приведенных в Приложении 8. Вероятно, это связано с тем, что в период 1986–1990 гг. отмечался спад численности анадырской мойвы [Науменко, 1996].

Рассматривая трофическую структуру нектона АНР в современный период, расчетами показали, что потребление мойвы нектоном (в основном минтаем) превышало ее биомассу в 2,5 раза, а продукцию – в 6,0 раза. Высокое потребление мойвы относительно ее биомассы отмечено было и ранее [Радченко, 1994]. Это связано с недоучетом мойвы траловым методом. В итоге скорректированная (с учетом ее потребления нектоном) биомасса мойвы в АНР (анадырская популяция и восточноберингоморская группировка) в современный период была оценена в 423,7 тыс. т.

Для сравнения, недавние оценки численности мойвы в восточной части Берингова моря (БМ) акустическим методом для всего слоя эпипелагиали [Parker-Stetter et al., 2013] около 400 тыс. экз./км², что при средней массе особи 10 г равно биомассе в 4 т/км² или при площади района исследования 430 тыс. км² составит общую биомассу в 1,7 млн т на всем восточном шельфе (в пределах ИЭЗ США). В северной части БМ в пределах ИЭЗ США по результатам данного исследования биомасса составляла 600 тыс. т (при площади 150 тыс. км²), что вполне сравнимо с оценками для АНР.

Межгодовая динамика численности западноберингоморской мойвы рассмотрена до 1997 г. [Науменко Е.А., 2001]. В 1986–1990 гг. отмечался рост ее численности на фоне снижения биомассы минтая и сельди (средний уровень около 100 тыс. т), в начале 1990-х гг. биомасса мойвы также была на высоком уровне (100–150 тыс. т), но с середины 1990-х гг. началось уменьшение ее запаса, в эти же годы начал расти запас корфо-карагинской сельди. К сожалению, данные по динамике численности карагинской мойвы в современный период отсутствуют, но можно предположить, что ее запас на фоне уменьшения траловых оценок в современный период является низким.

Ряд авторов считает, что в Карагинском заливе взаимоотношения мойвы, сельди и минтая можно назвать конкурентными, а их динамику альтернативной [Науменко и др., 1990; Науменко Е.А., 2001; Балыкин, Золотов, 2010; Карпенко, Бонк, 2014]. Прямых подтверждений этому нет, однако конкуренция и альтернативность в динамике, на наш взгляд, если и может проявляться, то только на личиночно-мальковой стадии. В этот период молодь многих видов рыб пространственно пересекается и может конкурировать

за ограниченные ресурсы (ввиду их доступности для молоди). Также альтернативность в динамике может являться следствием не конкурентных отношений, а различной реакции на изменения условий среды в глобальном и региональном масштабах [Шунтов и др., 1993; Волвенко, 2004; Шунтов, 2016а].

Также необходимо иметь в виду, что короткий жизненный цикл мойвы (до 6 лет) является причиной значительных межгодовых колебаний численности [Науменко Е.А., 2001; Великанов, 2018]. Основу запаса составляют особи в возрасте 1+ и 2+, и поэтому колебания ее численности зависят от урожайности одного-двух смежных поколений, которые быстро вступают в общий запас и также быстро из него выбывают. Таким образом, при благоприятных условиях выживания молоди мойвы в течение двух лет ее общий запас может увеличиться на порядок.

4.2.4 Тихоокеанские лососи

Все виды тихоокеанских лососей значительно увеличили свое присутствие в западной части Берингова моря в современный период (2003–2019 гг.) (Приложения 7–9). Например, биомасса взрослой кеты в глубоководных районах возросла с $11,8 \pm 7,0$ тыс. т в 1986–1990 гг. до $124,4 \pm 38,0$ тыс. т в 1991–2002 гг., взрослой нерки – с 8,2 тыс. т в 1986–1990 гг. до $47,4 \pm 23,0$ тыс. т. в 1991–2002 гг. К 2003–2019 гг. биомасса лососей еще больше увеличилась, но основной скачок в изменении их обилия и пространственного распределения пришелся на 1991–2002 гг.

При анализе пространственного распределения лососей в различные периоды лет отчетливо видна общая схема его изменения у всех видов (рис. 4.2.5). Распределение лососей в 1986–1990 гг. в основном было приурочено к глубоководным районам и имело вид отдельных рассредоточенных скоплений, в 1991–2002 гг. лососи были уже массово и единым фронтом распространены по всей глубоководной части с ядром концентрации в западной части Алеутской котловины. В 2003–2019 гг. в значительных концентрациях лососи наблюдались и в шельфовых областях, в особенности в АНР. Стоит отметить, что наиболее заметно увеличились биомасса и масштаб распространения в Берингово море нагульных скоплений кеты, нерки и чавычи смешанных региональных группировок – России, США, Японии [Бугаев, 2007а, б; Бугаев и др., 2007, 2009; Myers et al., 2007; Walker et al., 2007; Urawa et al., 2009].

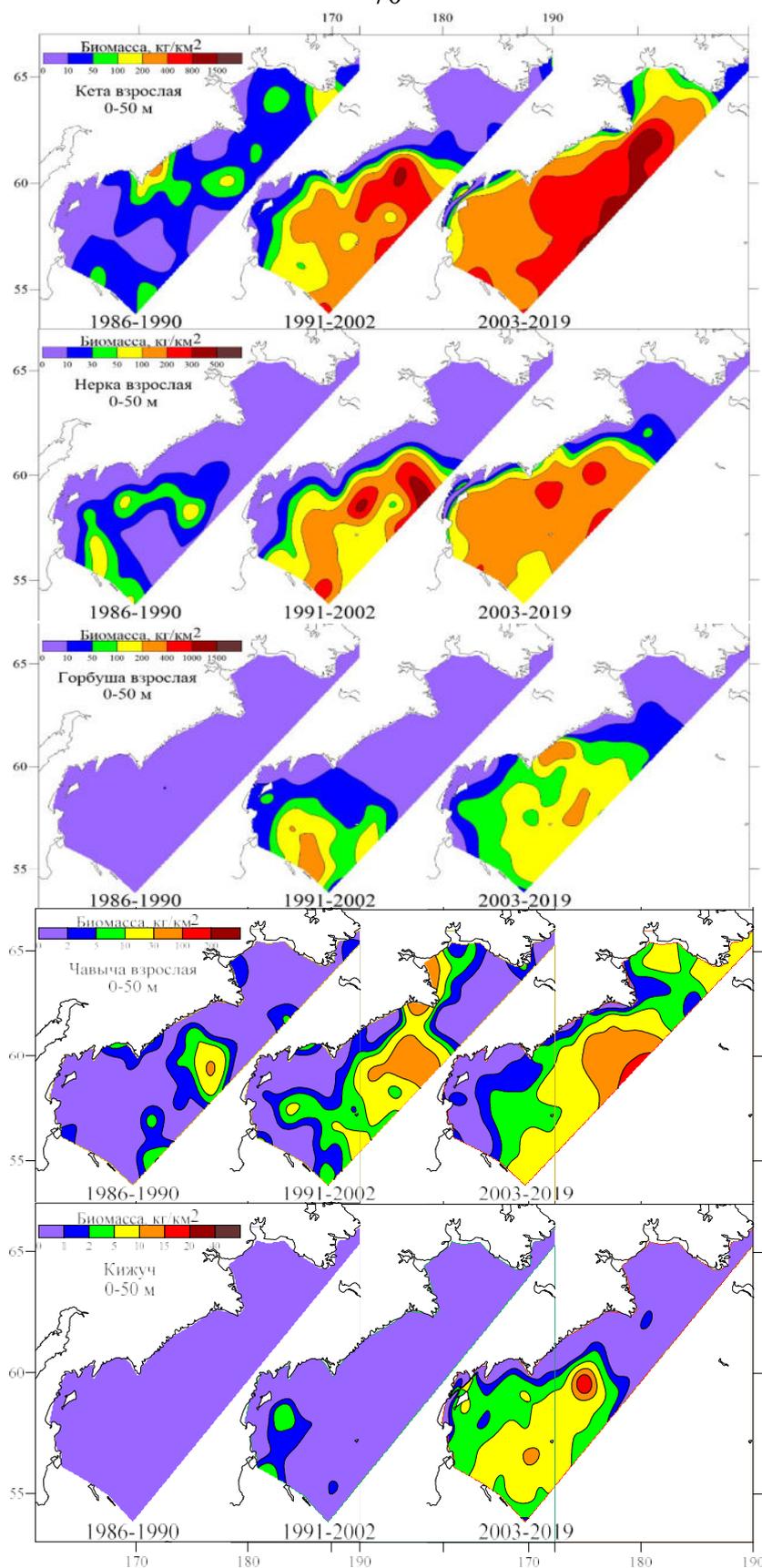


Рис. 4.2.5. Пространственное распределение тихоокеанских лососей (взрослые особи) в западной части Берингова моря по периодам лет

Суммарная биомасса лососей, нагуливающих в глубоководных котловинах западной части Берингова моря в 2003–2019 гг., оценена в 428 ± 94 тыс. т (530 ± 120

тыс. т во всей западной части БМ, включая шельф). Если учесть, что в зоне глубоководных котловин за пределами ИЭЗ РФ (площадь которой примерно в полтора раза больше) плотность концентрации нагульных лососей находится на сравнимом уровне, то биомасса нагульных лососей в этой части моря примерно должна составлять около 800 тыс. т. По ориентировочным оценкам биомасса лососей, нагуливающихся в северной Пацифике, может составлять 3,5–4,5 млн т [Шунтов, Темных, 2008а]. Таким образом, в российских водах БМ в современный период нагуливается 12–15 % всех лососей северной Пацифики, а в Беринговом море в целом – 30–38 %. Учитывая, что площадь зоны нагула лососей в Беринговом море около 10 % от всей нагульной площади тихоокеанских лососей в летний период – 9,5 млн км² [Azumaya et al., 2007], важность этого региона как нагульной акватории лососей несомненна.

Значительное увеличение биомассы нагуливающихся в глубоководных котловинах Берингова моря тихоокеанских лососей в 1991–2002 и 2003–2019 гг. повлекло за собой и массовое их распространение далее на север – в анадырско-наваринский район. Если нерка и горбуша отмечались не дальше свала глубин наваринского района, то кета распространялась вплоть до северной части зал. Анадырь, а чавыча также отмечалась и югу от Берингова пролива. Биомасса кеты в АНР в 2003–2019 гг. оценена в $56,4 \pm 17,2$ тыс. т, что на порядок больше, чем в 1986–1990 гг., и на два порядка выше, чем в 1991–2002 гг. Биомасса остальных лососей хоть и существенно увеличилась по сравнению с 1986–1990 гг., но в сравнении с кетой была невелика – не более 6 тыс. т (Приложение 8).

В то время как биомасса минтая в Беринговом море после 1986–1990 гг. вернулась к среднемноголетнему уровню, численность тихоокеанских лососей большинства азиатских и североамериканских стад выросла [Шунтов, Темных, 2011; Ruggerone, Irvine, 2018; The ocean ecology ..., 2018]. Также отмечается смещение центров воспроизводства лососей с юга на север. По модельным расчетам постепенно смещаются и центры пространственного распределения многих пелагических видов на север, в том числе и кеты со скоростью $30,1 \pm 2,34$ км/декада [Cheung et al., 2015]. В значительной степени в 1990–2000 гг. выросли запасы заводской японской кеты и дикой американской нерки зал. Бристоль, хотя в последние 10 лет численность японской кеты существенно снизилась. Оба эти вида в летне-осеннее время нагуливаются в Беринговом

море. Таким образом, рост численности многих азиатских и американских стад нерки и кеты способствовал увеличению их концентрации в Беринговом море в период нагула.

4.2.5 Мезопелагические рыбы и кальмары

Среди мезопелагических рыб изменение биомассы по периодам лет выглядит неоднозначно. В верхней эпипелагиали их концентрация снизилась (Приложение 7). Так, например, биомасса светлоперого стенобраха в верхней эпипелагиали глубоководных котловин в 1986–1990 гг. была оценена в $99,7 \pm 40,6$ тыс. т, в 1991–2002 гг. – $86,9 \pm 108,1$, а в 2003–2019 гг. – 20,0 тыс. т (Приложение 7). Фактором снижения оценки обилия в верхней эпипелагиали могло быть применение трала с меньшим вертикальным раскрытием: если в 1986–1990 и большую часть 1991–2002 гг. использовали трал РТ 108/528 с раскрытием около 50 м, то в современный период использовался РТ 80/396 с раскрытием 25–30 м по вертикали. В пользу этого вывода свидетельствует отсутствие значительных изменений в обилии мезопелагических рыб в нижней эпипелагиали с 1986–1990 гг. по 2003–2019 гг. (Приложение 7), но при этом в 1991–2002 гг. обилие мезопелагических рыб в нижней эпипелагиали снижалось с последующим восстановлением уровня в 2003–2019 гг.

Характер пространственного распределения мезопелагических рыб, в частности светлоперого стенобраха, за рассматриваемый период не менялся (рис. 4.2.6). В верхней эпипелагиали светлоперый стенобрах наблюдался в Командорской котловине с отчетливым ядром концентрации над хребтом Ширшова. В нижней эпипелагиали характер распределения светлоперого стенобраха отличался: наибольшие его концентрации наблюдались в районе свала глубин у корякского шельфа в 1986–1990 и 2003–2019 гг. Очевидно, что наибольшие концентрации светлоперого стенобраха в эпипелагиали приурочены к районам, где присутствует поднятие вод. Это обуславливается тем, что в процессе своего жизненного цикла, мигрирующий в Берингово море из сопредельных акваторий стенобрах [Радченко, 1994; Баланов, 1995; Радченко и др., 2021] концентрируется в районах континентальных склонов и апвеллинговых явлений [Sinclair et al., 1999]. В слое мезопелагиали основные концентрации светлоперого стенобраха наблюдались также в районе хребта Ширшова и корякского свала [Баланов, 1995]. В районе хребта Ширшова отмечены апвеллинги и

меандрирование Восточно-Камчатского течения, что способствует образованию повышенных концентраций стенобраха в данных районах.

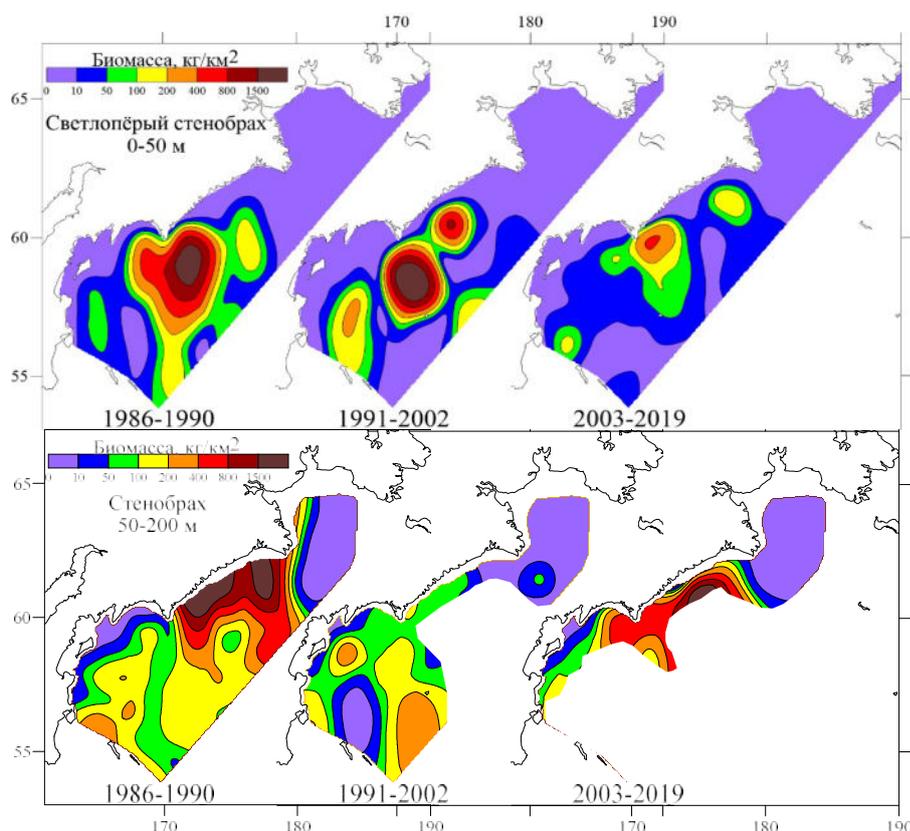


Рис. 4.2.6. Пространственное распределение светлоперого стенобраха в западной части Берингова моря по периодам лет

Тотальные оценки биомассы светлоперого стенобраха (Приложение 9) в верхней эпипелагиали ККШ принципиально не изменились за рассматриваемый период. В нижней эпипелагиали ККШ биомасса светлоперого стенобраха к современному периоду снизилась в 4 раза – с 42 тыс. т в 1986–1990 гг. до $12,0 \pm 13,1$ тыс. т в 2003–2019 гг. Однако присутствие светлоперого стенобраха в эпипелагиали ККШ нерегулярно и обусловлено его выносом из присвальной части глубоководных районов, где его биомасса значительно выше. Сравнение обилия светлоперого стенобраха по периодам лет в районе внешнего шельфа и свала глубин (ККШ и глубоководные котловины) показало, что его биомасса снизилась к современному периоду чуть более чем в 2 раза – $130,1 \pm 107,9$ тыс. т в 1986–1990 гг., $61,8 \pm 57,5$ в 1991–2002 гг. и $59,1 \pm 35,0$ тыс. т в 2003–2019 гг. Таким образом, несмотря на снижение оценок биомассы мезопелагических рыб в эпипелагиали западной части Берингова моря (доминантом среди которых является светлоперый стенобрах), говорить об их критическом состоянии не приходится. Вероятно, основным фактором уменьшения оценки биомассы является

отсутствие регулярных наблюдений в нижней эпипелагиали в современный период, данные же о запасах мезопелагических рыб в мезопелагиали вообще отсутствуют.

У кальмаров, самые массовые из которых в эпипелагиали – северный кальмар и камчатский гонатус [Сомов, 2014], биомасса увеличивалась с довольно малых величин в 1986–1990 гг. – менее тысячи тонн – до сотен тысяч тонн к 2003–2019 гг., т.е. увеличение биомассы почти на два порядка (Приложение 7). Например, у северного кальмара биомасса в верхней эпипелагиали глубоководных районов в 1986–1990 гг. оценена в 1,7 тыс. т, в 1991–2002 – $60,1 \pm 45,4$ тыс. т, а в 2003–2019 гг. уже $195,6 \pm 63,9$ тыс. т. Биомасса камчатского гонатуса также возросла в верхней эпипелагиали с практически нулевых значений до 8,3 тыс. т. При этом в нижней эпипелагиали у кальмаров за весь рассматриваемый период биомасса осталась на прежнем уровне: около 20 тыс. т – северный кальмар и 2–5 тыс. т. – камчатский кальмар (Приложение 7).

По характеру распределения кальмаров (рис. 4.2.7) заметен общий миграционный путь в Берингово море из Тихого океана через Алеутские проливы, особенно прол. Ближний, где его концентрации были максимальны. В 1986–1990 гг. северный кальмар активно не распространялся далеко в глубоководные районы, особенно отчетливо это заметно в верхней эпипелагиали, в дальнейшем, в 1991–2002 гг. северный кальмар был довольно массово распространен в пределах Командорской котловины, а в 2003–2019 гг. – во всей глубоководной части. Интересно, что в нижней эпипелагиали такие значительные изменения в пространственном распределении по периодам лет не отмечены, хотя отсутствие регулярных наблюдений в нижней эпипелагиали в 2003–2019 гг. не позволяет судить об этом достоверно.

Приведенные оценки биомассы кальмаров в 1986–1990 гг. (21 тыс. т) оказались в три раза ниже, чем оценки В.И. Радченко [1992] для эпипелагиали западной части Берингова моря за этот период (21,4–123,0 тыс. т, среднее – 69,8 тыс. т). Учитывая, что оценка численности вычислялась на основе одного материала, различия кроются прежде всего в применении методов фильтрации данных, при которых отдельные сверхвысокие уловы нивелируются. Для сравнимости, биомасса кальмаров в эпипелагиали, которая в современный период возросла на порядок, по методу В.И. Радченко могла бы быть оценена в 600 тыс. т. Доля кальмаров в эпипелагиали от всей биомассы кальмаров в пелагиали в 1986–1990 гг. в Беринговом море составляла около 5,5 % [Радченко, 1992], в Охотском море для начала 1990-х гг. – 3,5 % [Лапко, 1995]. Таким образом, при оценке

биомассы кальмаров в эпипелагиали в 2003–2019 гг. в $229,0 \pm 75,5$ тыс. т (Приложение 7) и сохранении того же соотношения биомасс в эпи-, мезо- и батипелагиали суммарная биомасса кальмаров в современный период в Беринговом море может достигать 4 млн т, а их годовая продукция в западной части моря – 12 млн т (при Р/В-коэффициенте 3).

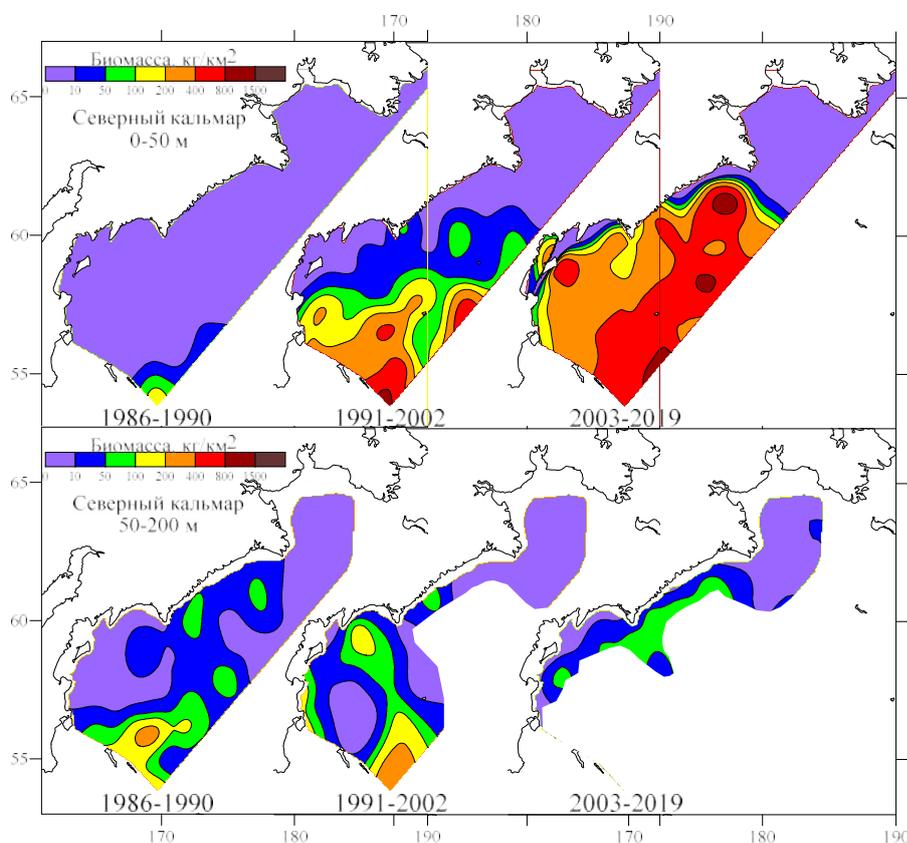


Рис. 4.2.7. Пространственное распределение северного кальмара в западной части Берингова моря по периодам лет

4.2.6 Прочие виды

Немаловажно отметить, что в 2003–2019 гг. в юго-западном секторе Берингова моря часто отмечались заходы (в том числе и массовые) видов южно-бореального и субтропического комплексов (рис. 4.2.8): японского морского леща *Brama japonica*, сайры *Cololabis saira*, колючей акулы *Squalus suckleyi*, а также отдельные случаи поимок японского анчоуса *Engraulis japonicus*, тихоокеанского *Todarodes pacificus* и крючконосного *Onychoteuthis borealijaponica* кальмаров. В 2018 г. в ходе осенней съемки по учету молоди тихоокеанских лососей на НИС «Профессор Леванидов» и «ТИНРО» в южной части Берингова моря было учтено 6,4 тыс. т сардины иваси траловым методом и около 150 тыс. т акустическим методом [Старовойтов и др., 2018]. Ранее заходы сардины иваси в Берингово море не были отмечены. Проникновение этих видов в

Берингово море связано с нагульными миграциями при высокой численности [Шунтов, Иванов, 2019]. Миграции субтропических видов в тихоокеанские воды Камчатки и южную часть Берингова моря зависят от термического режима, интенсивности Западного Субарктического круговорота и собственно от численности южных видов [Савиных, 1994; Глебов и др., 2010]. В целом биомасса южных видов в 2003–2019 гг. оценена в 13,5 тыс. т (Приложение 7).

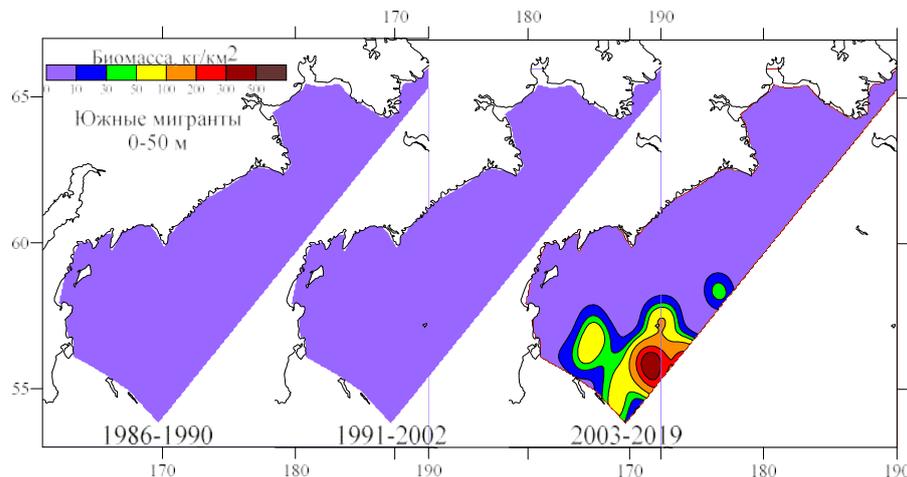


Рис. 4.2.8. Пространственное распределение видов-мигрантов южного комплекса в западной части Берингова моря по периодам лет

Второстепенные, но обычные для эпипелагиали глубоководных котловин Берингова моря виды, такие как молодь северного одноперого терпуга, трёхгловая колюшка и рыба-лягушка (рис. 4.3.9), также претерпевали изменения в пространственном распределении и по биомассе (Приложение 7). Биомасса молодки северного одноперого терпуга в 1986–1990 гг. находилась на уровне $28,4 \pm 29,0$ тыс. т, а основные концентрации – в южной части Командорской котловины (рис. 4.3.9), в 1991–2002 гг. молодка этого вида была более широко распространена в пределах Командорской котловины с наибольшими концентрация также в ее южной части, биомасса в этот период была оценена в $137,0 \pm 90,4$ тыс. т, в современный период биомасса молодки северного одноперого терпуга снизилась до уровня 1986–1990 гг., но при этом пространственное распределение носило более равномерный характер с концентрациями не только в Командорской, но и в Алеутской котловине. Район распространения молодки северного одноперого терпуга в современный период существенно расширился.

Биомасса трёхглой колюшки, которая является анадромным видом [Taylor, McPhail, 1986], в 1986–2002 гг. фактически была нулевой, лишь редкие экземпляры попадались в трал, в 2003–2019 гг. присутствие данного вида в эпипелагиали Берингова моря значительно возросло – до 6,2 тыс. т – с основными концентрациями в районе свала глубин Карагинского

залива. Считается, что колюшка в Берингово море мигрирует с районов восточной Камчатки, однако характер ее распределения (рис. 4.2.9) предполагает, что большинство пойманных рыб могло иметь местное происхождение из рек Карагинского залива.

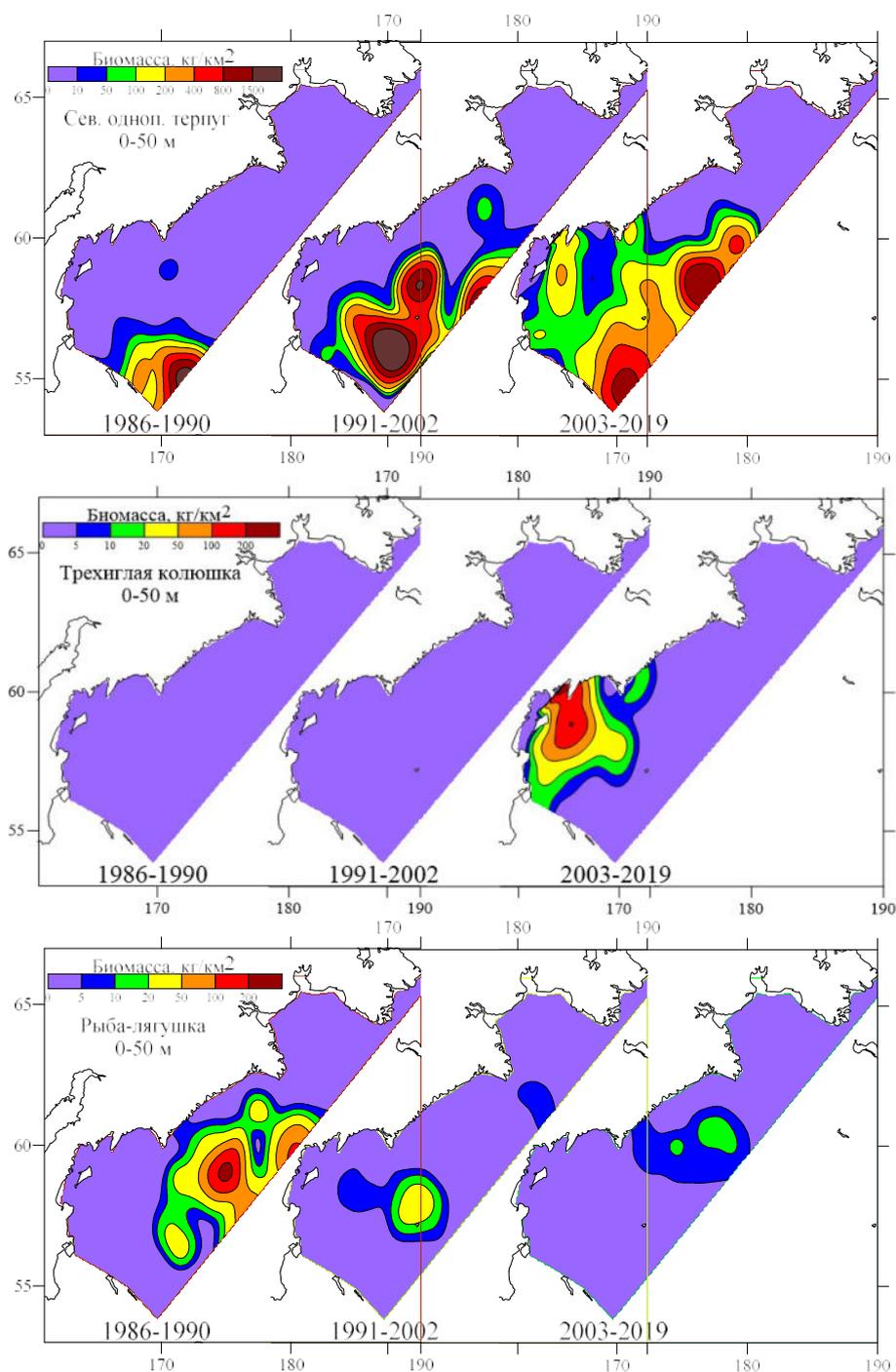


Рис. 4.2.9. Пространственное распределение молоди северного одноперого терпуга (вверху), трёхиглой колюшки (посередине) и рыбы-лягушки (внизу) в западной части Берингова моря по периодам лет

Несмотря на свои маленькие размеры, трёхиглая колюшка, являясь активным пловцом, совершает длительные миграции, поддерживая скорость на уровне 3–5 длин тел в секунду, или около 18–20 км/день [Taylor, McPhail, 1986; Whoriskey, Wootton, 1987]. По данным Quinn и Light [1989], а также по материалам базы данных ТИНРО

колюшка довольно обычный вид в Беринговом море и встречается в удаленных океанических районах.

Рыба-лягушка, которая доминирует среди эпипелагических рыб – потребителей желетелого планктона [Радченко, 1994], встречалась в основном в западной части Алеутской котловины [Мазникова, Сомов, 2017], куда, вероятно, перераспределялась из мест основных концентраций в центральной части моря [Ильинский, Радченко, 1992]. После 1986–1990 гг., когда концентрации в верхней эпипелагиали достигали величин 50–200 кг/км², а общая биомасса находилась на уровне 10 тыс. т, обилие рыбы-лягушки в глубоководных районах снизилось (рис. 4.2.9) до 1,4 тыс. т, а концентрации в местах встреч достигали 10–20 кг/км².

Сайка. Для сайки Берингово море является южной периферией циркумполярного ареала. Этот вид совершает нагульные миграции из Чукотского в северную часть Берингова моря. Учитывая, что водообмен Берингова моря с Чукотским предполагает транспорт воды из Берингова моря на север (за редкими исключениями, когда устойчивые северные ветра могут способствовать обратному току), такие миграции сайка совершает целенаправленно [Шунтов, 2016а]. Основные концентрации сайки во все периоды были приурочены к северной части зал. Анадырь, а также к водам южнее Берингова пролива (рис. 4.2.10).

В северной части Берингова моря в ИЭЗ США сайка также периодически отмечается, при этом в холодные годы ее присутствие как в российских, так и в американских водах более вероятно, так как она приурочена к холодным водам остаточного зимнего охлаждения [Wyllie-Echeverria, Wooster 1998; Marsh, Mueter, 2020; Baker, 2021; Maznikova et al., 2021]. В годы аномального распространения «холодного пятна» сайка встречалась в юго-восточной части Берингова моря на широте 58° [Wyllie-Echeverria, Wooster, 1998]. В отдельные годы сайка наблюдалась также и в Карагинском заливе.

В 1991–2002 гг. значительно увеличилось присутствие сайки в водах АНР (Приложение 8). Оценки ее биомассы крайне вариабельны: например, в 1991–2002 гг. ее биомасса оценена $203,3 \pm 511,6$ тыс. т, а в 2003–2019 гг. – $79,3 \pm 205,1$ тыс. т, т.е. ошибка средней более чем в два раза превышает саму оценку, тем не менее факт более массового распространения этого арктического вида в АНР в 1991–2002 гг. несомненен. В современный период основные концентрации сайки отмечались преимущественно в

бассейне Чирикова, а также небольшие концентрации в северной части зал. Анадырь (рис. 4.2.10).

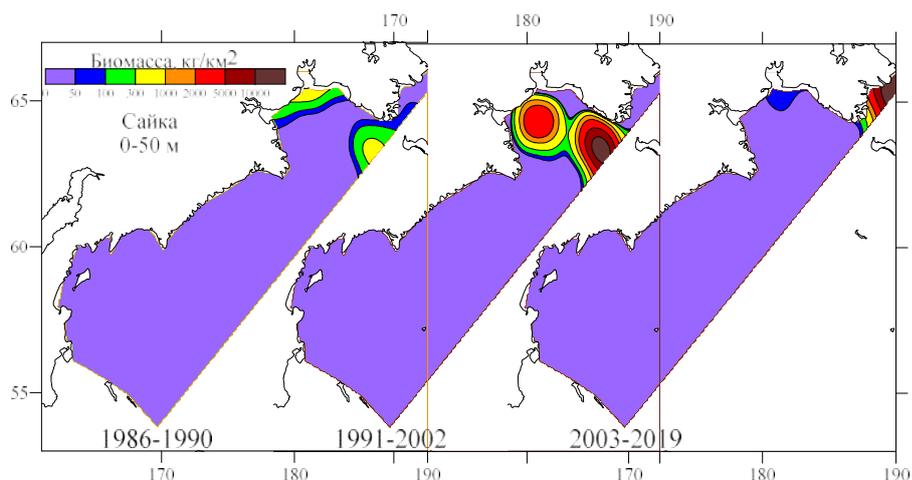


Рис. 4.2.10. Пространственное распределение сайки в западной части Берингова моря по периодам лет

Меньшие масштабы миграции сайки в Берингово море в современный период связаны со снижением ледовитости и уменьшением площади распространения вод остаточного зимнего происхождения в Беринговом море [Marsh, Mueter, 2020] и в Арктике в целом. Вероятно, что миграции сайки в Берингово море связаны с динамикой ее численности в Чукотском море и появлением высокоурожайных поколений. Являясь короткоцикловым видом [Андрияшев, 1954], сайка может обеспечивать кратковременные всплески численности и массово распространяться в Берингово море.

По результатам акустических исследований сайки в Чукотском море и Анадырском заливе в 1999–2007 [Николаев и др., 2008] сделан вывод о ее пониженных продуктивности и миграциях в северную часть Берингова моря. Учитывая, что период исследований пришелся на теплый период в Беринговом море, это вполне закономерно, вероятно, в последующий холодный период (2008–2013 гг.) урожайность сайки и ее миграции в Берингово море были выше. Есть также вероятность того, что в Анадырском заливе может присутствовать местная популяция сайки, так как в северной части зал. Анадырь по данным донных траловых съемок встречались особи длиной 4–10 см с увеличением размеров при продвижении на юго-запад [Maznikova et al., 2020, 2021].

4.2.7 Изменения видовой структуры нектона по периодам лет

Учитывая изменения биомассы и пространственного распределения доминирующих видов нектона эпипелагиали, можно оценить общие изменения в биомассе нектона и его видовой структуры по периодам лет. В глубоководных районах

за рассматриваемый период биомасса nekтона снизилась с $2,7 \text{ т/км}^2$ в верхней эпипелагиали и $7,6 \text{ т/км}^2$ в нижней эпипелагиали в 1986–1990 гг. до $1,7 \text{ т/км}^2$ в верхней и до $0,6 \text{ т/км}^2$ в нижней эпипелагиали в 2003–2019 гг. (рис. 4.2.11). В 1991–2002 гг. биомасса nekтона в глубоководных районах находилась на близком уровне с 2003–2019 гг. (рис. 4.2.11).

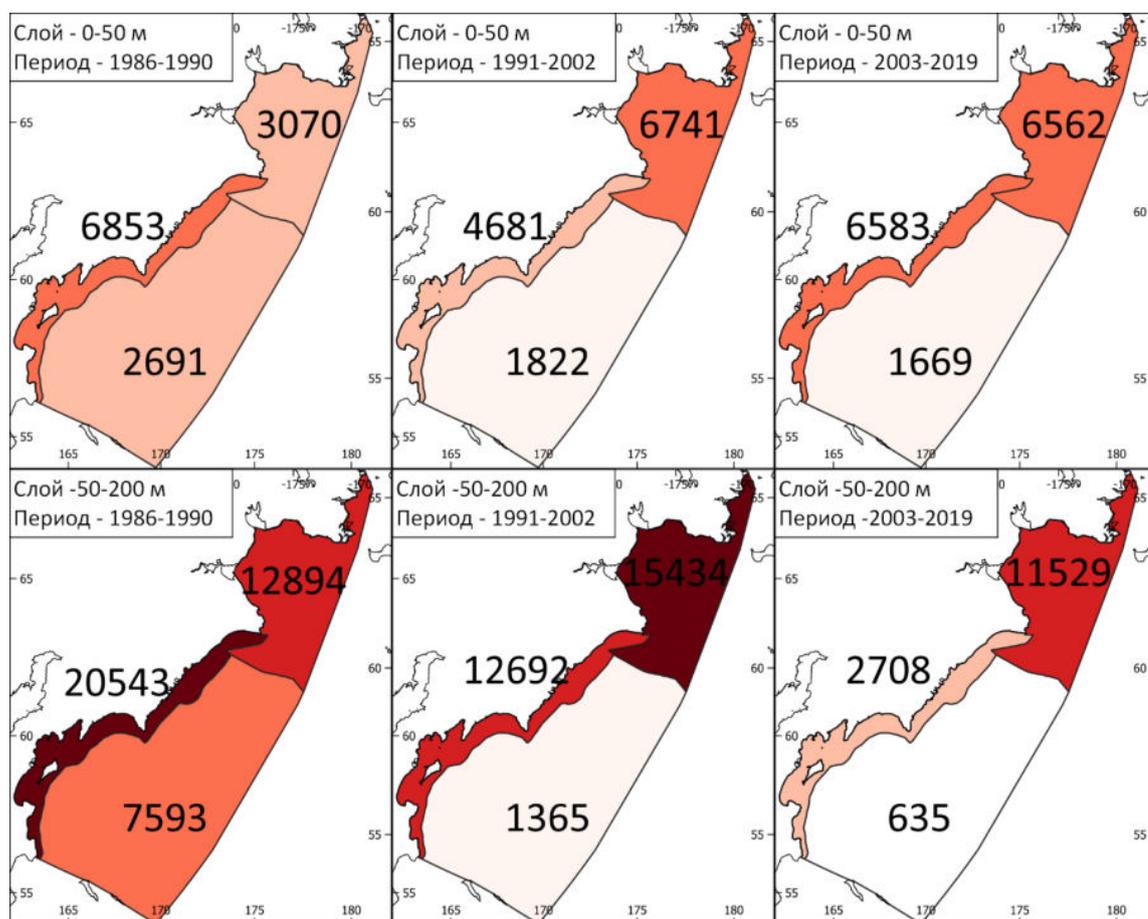


Рис. 4.2.11. Биомасса nekтона (кг/км^2) в различных биотопах эпипелагиали западной части Берингова моря по периодам лет

В видовой структуре nekтона в 1986–1990 гг. в верхней и нижней эпипелагиали глубоководных районов повсеместно доминировал минтай (рис. 4.2.12), лишь в отдельных областях значимую долю в общей биомассе nekтона занимали и другие виды: в районе хребта Ширшова – светлоперый стенобрах и в юго-восточной части Командорской котловины – молодь северного одноперого терпуга.

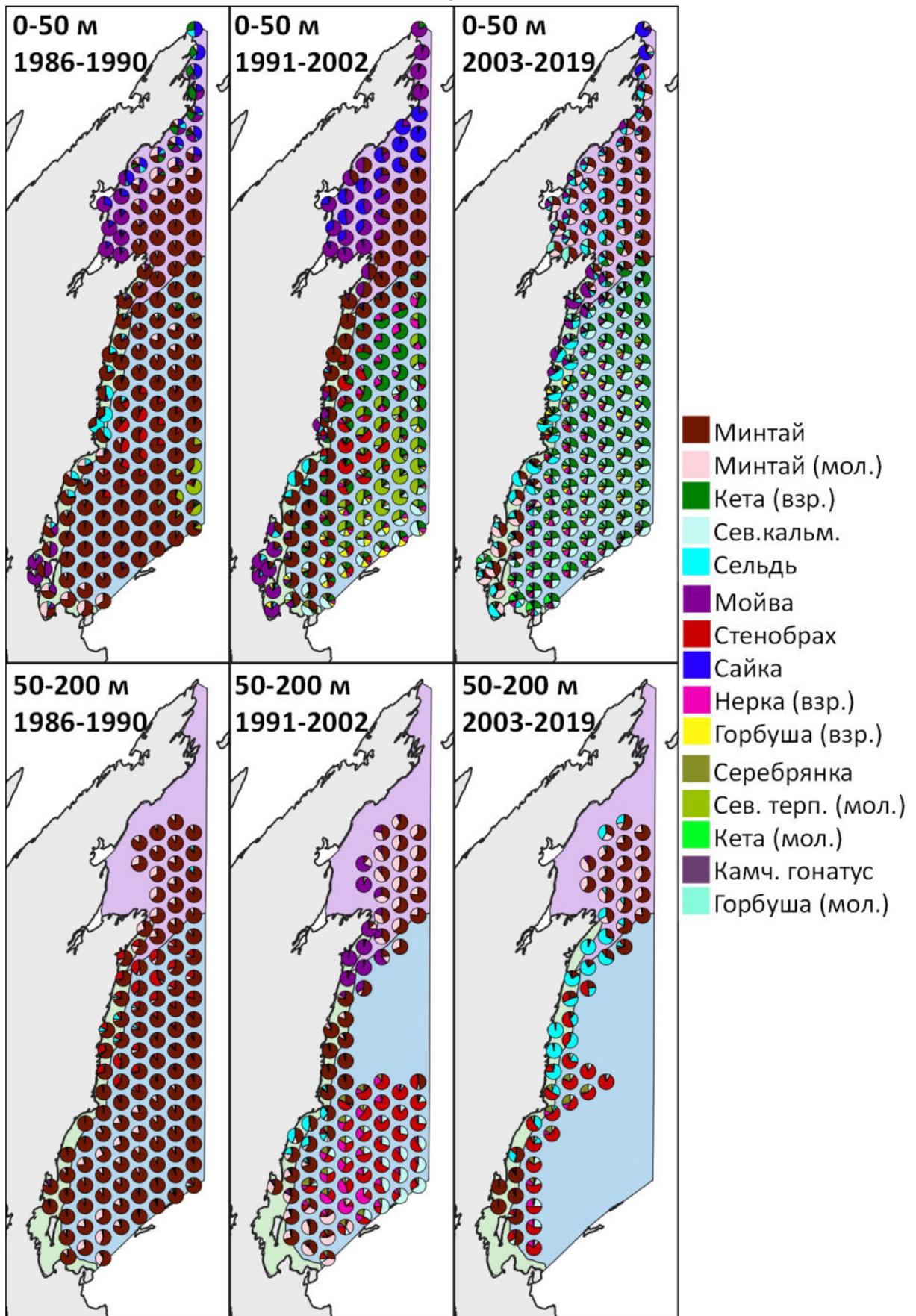


Рис. 4.2.12. Видовая структура нектона эпипелагиали западной части Берингова моря по периодам лет

В 1991–2002 гг. в видовой структуре nekтона эпипелагиали глубоководных районов отмечены существенные изменения (рис. 4.2.12). Минтай преобладал только в присваловых районах, а в более мористых частях состав доминирующей группы видов стал разнообразен с преобладанием кеты в Алеутской котловине, стенобраха в районе хребта Ширшова, молоди северного однопёрого терпуга в юго-восточной и северного кальмара в южной частях Командорской котловины. В нижней эпипелагиали, данные по которой имеются только для Командорской котловины, доминировали свётлоперый стенобрах и северный кальмар.

В 2003–2019 гг. видовая структура nekтона глубоководных районов приобрела типичный характер с преобладанием тихоокеанских лососей (в основном кета) и северного кальмара во всех частях глубоководных котловин (рис. 4.2.12). В нижней эпипелагиали преобладал светлопёрый стенобрах, а в районе хребта Ширшова также значима была доля серебрянки (рис. 4.2.12). При этом данные для нижней эпипелагиали в современный период весьма ограничены и касаются только районов, примыкающих к шельфу.

Относительная биомасса nekтона в верхней эпипелагиали АНР увеличилась с 3 т/км² в 1986–1990 гг. до 6,5–6,7 т/км² в 1991–2000 и 2003–2019 гг., в нижней эпипелагиали биомасса nekтона сохранилась на прежнем уровне (11,5–13,0 т/км²), хотя в 1991–2002 гг. отмечено повышение биомассы nekтона до 15,4 т/км² (рис. 4.2.12).

В отличие от глубоководных районов, радикальных перестроек в структуре nekтона анадырско-наваринского района не отмечено (рис. 4.2.12): минтай во все периоды сохранял доминирующее положение по биомассе, хотя некоторая тенденция на уменьшение его обилия в АНР отмечена без статистически значимых различий (Приложение 8). Биомасса субдоминантов к современному периоду несколько выросла, в результате видовая структура nekтона АНР выглядит более выровненной [Иванов, 2013]. Период 1991–2002 гг., который по характеру видовой структуры и по результатам классификации (см. рис. 4.1.1) не сильно отличался от 1986–1990 гг., можно охарактеризовать все же как переходный, при этом уменьшения рыбопродуктивности в этот период отмечено не было [Шунтов и др., 2007; Иванов, 2013], хотя авторы такую формулировку применяли относительно 1991–1995 гг.

К отличительным особенностям в изменениях видовой структуры nekтона эпипелагиали АНР следует отнести расширение зоны преобладания мойвы и сайки в 1991–2002 гг., когда они преобладали в северной части зал. Анадырь, что следует

связать с повышенным уровнем ледовитости Берингова моря. В 2003–2019 гг. в видовой структуре стала заметна роль сельди, на которую приходилось 10–30 % биомассы nekтона (см. рис. 4.2.12), что, очевидно, связано с увеличением численности и масштабов распространения восточнoберингомoрских стад сельди.

В отличие от района глубоководных котловин и АНР, которые можно рассматривать как отдельные большие морские экосистемы (глубоководные районы) или их значительную часть (АНР как продолжение восточнoберингомoрского шельфа), где формируется комплекс местных океанологических условий, карагинско-корякский шельф (ККШ) имеет протяженную и узкую конфигурацию и примыкает к глубоководным котловинам. Переходная зона, в которой формируется целый комплекс фронтальных и вихревых образований [Верхунов, 1995] занимает существенную долю от площади шельфа, воды шельфовой структуры значительно прижаты к береговой линии.

В результате видовая структура nekтона в эпипелагиали карагинско-корякского шельфа имеет черты, характерные как для шельфовых, так и для глубоководных сообществ в присваловой части. Заметно, что соотношение видов в эпипелагиали карагинского-корякского шельфа и присваловой части глубоководных районов очень схоже (рис. 4.2.12). В траловых уловах на карагинско-корякском шельфе во все годы присутствовали мезопелагические виды и кальмары, которые преобладали в nekтоне в присваловой части в нижней эпипелагиали, а также нагуливающиеся тихоокеанские лососи.

Относительно общей биомассы nekтона в эпипелагиали ККШ значительные изменения отмечены только для нижней эпипелагиали (см. рис. 4.2.11): биомасса nekтона в нижней эпипелагиали в 1986–1990 гг. составляла 20,5 т/км², в 1991–2002 гг. она снизилась в 1,5 раза – до 12,5 т/км², а в 2003–2019 гг. – уже почти в 6 раз относительно периода 1986–1990 гг. – до уровня 2,7 т/км². Причина таких значительных изменений – снижение биомассы минтая и мойвы (пик ее биомассы пришелся на 1990–2002 гг.) (Приложение 9) и выход сельди на доминирующую позицию (см. рис. 4.2.12).

Если в 1986–1990 и 1991–2002 гг. сельдь преобладала в nekтоне на сравнительно локальных участках, в районе зал. Олюторского и немного северо-восточнее, то в 2003–2019 гг. она доминировала в nekтоне фактически на всем ККШ как в верхней, так и в нижней эпипелагиали, за исключением Карагинского залива, где доминировал

минтай. Таким образом, в районе ККШ, где запасы минтая и сельди сравнимы, проявляется некоторая альтернативность в их динамике биомассы, а также в пространственном распределении, которая отмечалась рядом авторов и ранее [Науменко, Бонк, 1999; Науменко Е.А., 2001; Волвенко, 2004; Балыкин, Золотов, 2010]. Является ли данная альтернативность результатом конкурентных отношений, не факт. Выше уже отмечено, что конкурентные отношения у данных видов могут проявляться на личиночно-мальковом этапе в локальных районах, где пищевые ресурсы могут быть действительно ограничены. Во взрослом состоянии и минтай, и сельдь, и мойва рассредоточиваются на обширные акватории, где пищевых ресурсов для них более чем достаточно. Также следует учесть поведенческие особенности каждого вида, которые наверняка способствуют снижению конкуренции.

Таким образом, в эпипелагиали западной части Берингова моря за рассматриваемый период произошли заметные изменения в уровне общей биомассы nekтона и перестройки в видовой структуре nekтона. Полученные оценки в данной работе соответствуют подобным оценкам других авторов [Шунтов, 1988; Шунтов, Дулепова, 1995; Волвенко, 2009; Иванов, 2013]. Данные перестройки прежде всего связаны с изменением численности и пространственного распределения доминирующих видов: минтая, сельди, тихоокеанских лососей, мойвы, мезопелагических рыб и кальмаров. В глубоководных котловинах:

- существенное уменьшение биомассы – минтай (на два порядка);
- существенное увеличение – тихоокеанские лососи, кальмары (в верхней эпипелагиали), виды-мигранты южно-бореального и субтропического комплексов, трёхиглая колюшка;
- умеренное увеличение – сельдь, мойва (в нижней эпипелагиали);
- умеренное снижение – мезопелагические рыбы (в верхней эпипелагиали), рыба-лягушка;
- без существенных изменений – мезопелагические рыбы (в нижней эпипелагиали), молодь северного одноперого терпуга, молодь донных видов рыб, кальмары (в нижней эпипелагиали);
- как результат – изменение видовой структуры от монодоминантного типа (в 1986–1990 гг.) с преобладанием минтая к полидоминантному типу (в 1991–2002 и 2003–2019 гг.) с преобладанием тихоокеанских лососей и северного кальмара.

В эпипелагиали АНР:

- взрослый минтай – значительных изменений в биомассе не отмечено, однако тенденция к небольшому снижению прослеживалась. При этом установлено увеличение зоны распространения;
- молодь минтая – на фоне очень высоких флюктуаций оценок отмечен максимальный уровень биомассы в 1991–2002 гг., в современный период биомасса оценена в 570 ± 348 тыс. т;
- существенное увеличение биомассы и встречаемости сельди и тихоокеанских лососей;
- умеренное увеличение биомассы и встречаемости мойвы и сайки. Максимальное обилие обоих видов отмечено в 1991–2002 гг., при этом в 1986–1990 и 1991–2002 гг. отчетливо выделялась зона в северной части зал. Анадырь и в бассейне Чирикова, где минтай фактически в уловах не наблюдался (рис. 4.2.12);
- доля остальных видов на протяжении всего рассматриваемого периода была крайне мала, и о каких-либо тенденциях в многолетней динамике их биомассы говорить не представляется возможным.

В эпипелагиали ККШ:

- минтай – общее уменьшение биомассы и сокращение района распространения, доминирование в нектоне только на карагинском шельфе;
- сельдь – тенденция на общее увеличение биомассы в ККШ, увеличение зоны распространения, доминирование в нектоне на большей части ККШ;
- мойва – увеличение биомассы, расширение пространственного распределения, доминирование в нектоне в ряде отдельных областей ККШ в 1991–2002 гг. В современный период биомасса мойвы снизилась даже по сравнению с 1986–1990 гг.;
- светлоперый стенобрах – уменьшение биомассы в 4 раза к современному периоду, в районе присваловых областей – сокращение примерно в два раза;
- тихоокеанские лососи – увеличение биомассы и доли в нектоне на фоне расширения зоны нагула в западной части Берингова моря.

Если кратко охарактеризовать периоды в динамике нектона эпипелагиали западной части Берингова моря за рассматриваемое время, то это можно сделать следующим образом: 1986–1990 гг. – «минтаевый», 1991–2002 – «переходный», 2003–2019 гг. – «лососевый» в глубоководных районах и «сельдевый» в ККШ. В АНР, как уже отмечено выше,

существенных перестроек не отмечалось, и во все периоды здесь преобладал минтай, лишь в 2003–2019 гг. в нектоне стали выраженными доли сельди и тихоокеанских лососей.

К основным причинам перестроек в видовой структуре нектона 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]. На наш взгляд, о каких-либо конкурентных отношениях среди видов нектона эпипелагиали западной части Берингова моря, влияющих на их численность, говорить не приходится. Пищевая обеспеченность нектона достаточна (с запасом) 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 западной части Берингова моря, 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.

Как уже отмечено выше, массовые выходы минтая в глубоководные районы, а затем его почти полное исчезновение из данного района связаны с изменением численности восточноберингоморской популяции. В 1986–1990 гг. его биомасса достигала 25 млн т [Шунтов и др., 1993] с последующим снижением до уровня 5–10 млн т [Janelli et al., 2017]. На фоне уменьшения численности минтая после 1986–1990 гг. (но не в связи) существенно возросли миграции тихоокеанских лососей в западную часть Берингова моря. Главной причиной увеличения обилия лососей в Беринговом море является рост численности основных стад лососей, нагуливающих в Беринговом море. Это связано как с ростом диких популяций, так и усилением искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей. Помимо этого, своё влияние, возможно, оказывало потепление Берингова моря. Однако влияние потепления Берингова моря проявлялось не в увеличении температуры поверхности, а в изменении интенсивности водообмена Берингова моря с Тихим океаном.

Рассматривая состояние зоопланктона как фактора кормовых условий в районе нагула (рис. 4.2.13), о каких-либо очевидных тенденциях в изменении его обилия в западной части Берингова моря говорить не приходится [Шунтов, Темных, 2008в; Сетной зоопланктон..., 2016], фактически по всем группам кормового зоопланктона отсутствовал значительный рост или снижение запасов в глубоководных районах за весь период исследований. Исключение составляли лишь мелкие кишечнополостные, оценки биомассы которых в 1996–2013 гг. были выше в 4–5 раз по сравнению с периодом 1986–1995 гг.

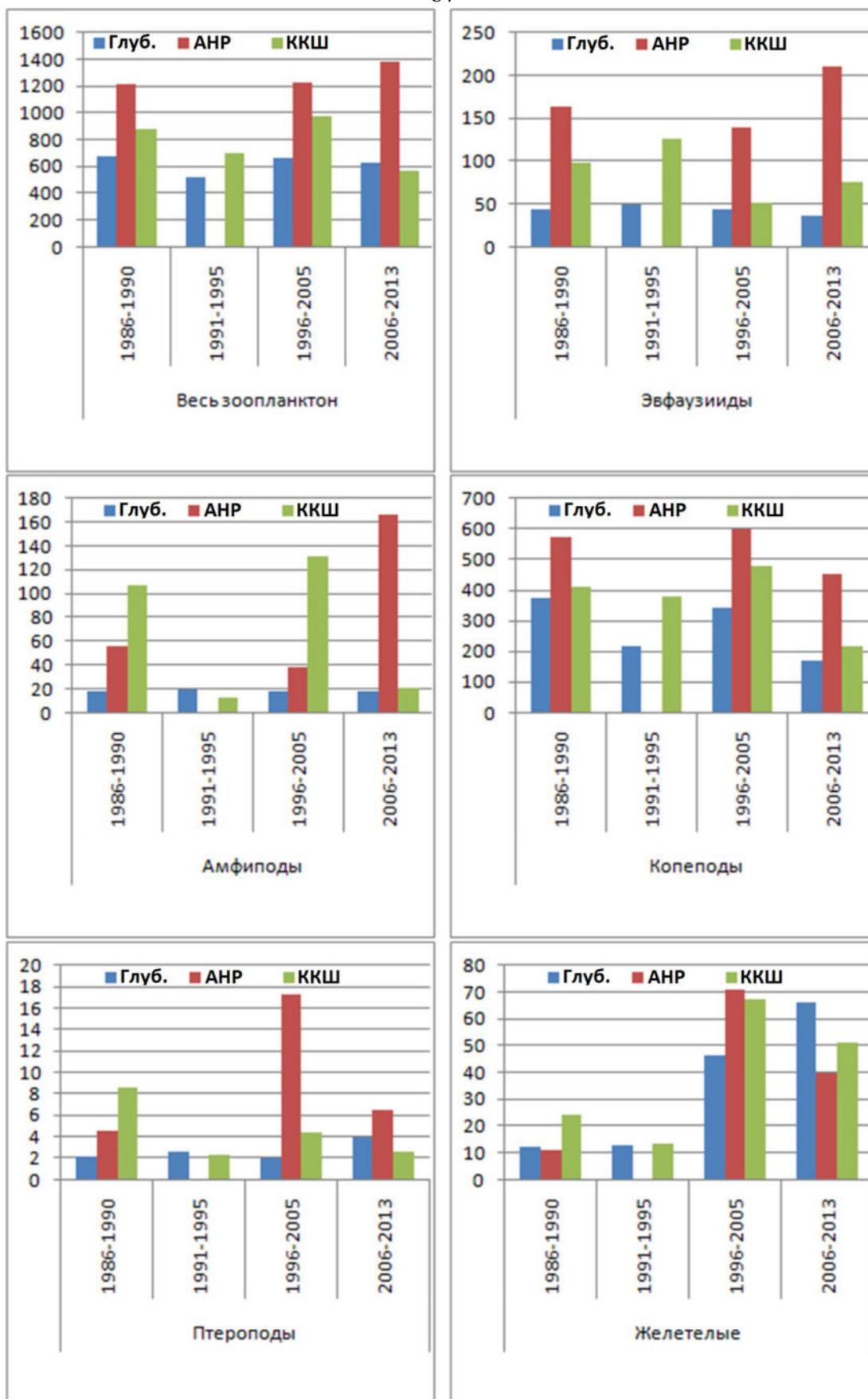


Рис. 4.2.13. Динамика биомассы основных групп зоопланктона по периодам лет [Сетной зоопланктон..., 2016]

Как известно, кишечноротовые являются одной из предпочитаемых групп в питании кеты, однако вряд ли можно предполагать, что это явилось определяющим фактором увеличения миграции кеты в Берингово море, также стоит учесть, что кета из кишечноротовых предпочитает относительно крупных особей, например гребневиков, которые слабо облавливаются планктонной сетью.

4.3 Пищевая обеспеченность нектона

Описанные выше изменения в видовой структуре и пространственном распределении нектона в западной части Берингова моря, несомненно, повлияли на перераспределение трофических потоков и объемов доступной для нектона пищи. Для оценки степени пищевой обеспеченности нектона были рассчитаны объемы полугодового потребления зоопланктона нектоном (рис. 4.3.1) исходя из данных о суточных пищевых рационах массовых видов и доли зоопланктона в их рационе (табл. 4.3.1). Эти данные были получены как синтез сведений из опубликованных источников (см. примечание к табл. 4.3.1) и первичных материалов трофологической базы данных ТИНРО. Также была рассчитана полугодовая продукция зоопланктона (без щетинкочелюстных) (рис. 4.3.2) на основании данных о биомассе зоопланктона и их Р/В-коэффициентах (табл. 4.3.2). Щетинкочелюстные были исключены из расчетов, хотя они также являются пищевым компонентом многих видов нектона, особенно в период снижения концентрации зоопланктона, однако вследствие его пониженной калорийности [Davis, 1993; Борисов и др., 2004; Дулепова, 2013] данная группа является резервным компонентом питания массовых видов нектона [Волков, 2015б, 2016б; Найдено, Темных, 2016]. Биомасса зоопланктона крупной фракции в целом соответствовала оценкам, полученным А.Ф. Волковым ранее [Волков, 2012а, б; Шунтов, 2016б].

Оказалось, что нагрузка на кормовую базу распределена в пространстве неравномерно (рис. 4.3.3). В глубоководных районах даже в период массовых миграций восточноберингоморского минтая доля потребления продукции мирного зоопланктона составляла 10–15 % (в среднем – 13 %) за исключением южной части Командорской котловины, где этот показатель на локальных участках достигал 100 %. Всего для глубоководных районов потребление кормовой базы в 1986–1990 гг. находилось на уровне 19 млн т за летне-осенний период (табл. 4.3.3). В последующие

периоды, после ухода минтая из глубоководных районов доля потребления мирного зоопланктона nekтоном снизилась в 2,5 раза – до 5–6 % (или 5–7 млн т за летне-осенний период), даже несмотря на увеличение темпов нагульных миграций лососей. При этом полугодовая продукция мирного зоопланктона в глубоководной части сократилась примерно в полтора раза – со 143 млн т в 1986–1990 гг. до 91 млн т в 2003–2019 гг., а продукция щетинкочелюстных, наоборот, выросла – с 79 до 104 млн т (табл. 4.3.3).

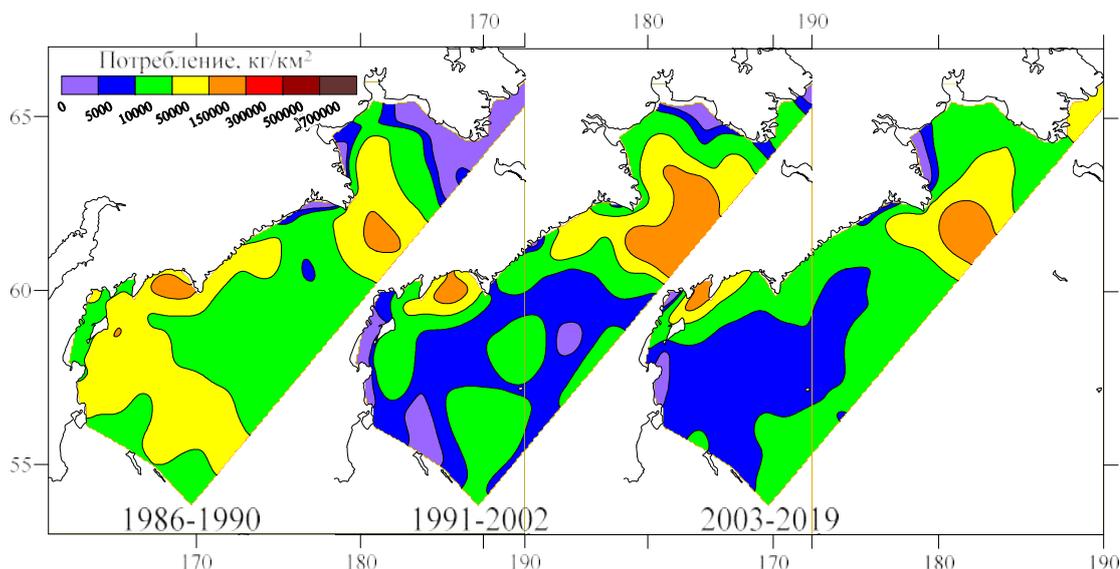


Рис. 4.3.1. Распределение потребления ($\text{кг}/\text{км}^2$) зоопланктона крупной фракции (без щетинкочелюстных) nekтоном в эпипелагиали (0–200 м) западной части Берингова моря

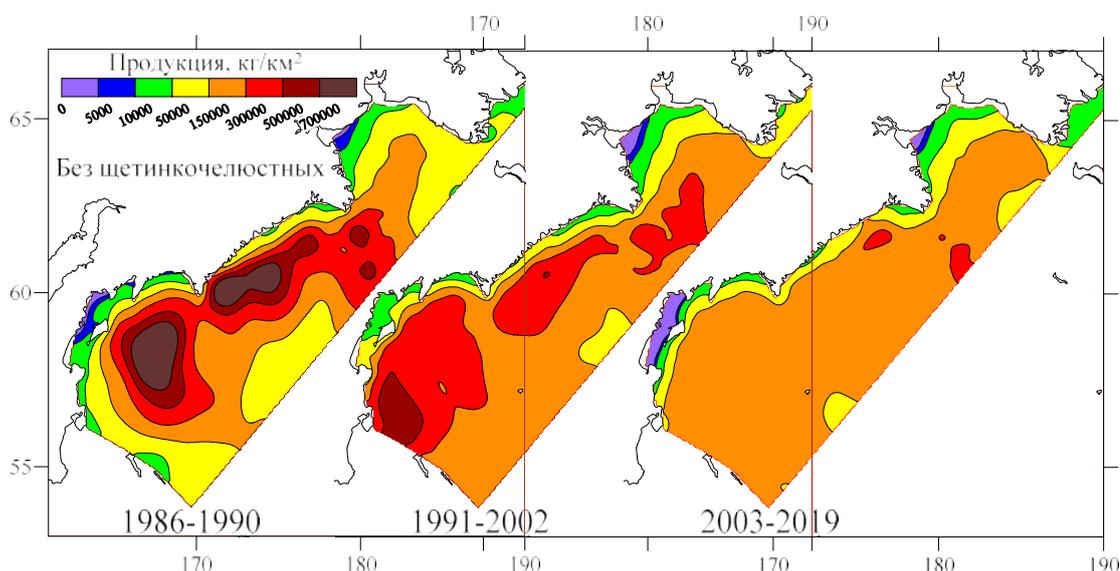


Рис. 4.3.2. Распределение полугодовой продукции ($\text{кг}/\text{км}^2$) зоопланктона крупной фракции (без щетинкочелюстных) в эпипелагиали (0–200 м) западной части Берингова моря

В шельфовых районах доля потребления мирного зоопланктона была значительно выше и достигала 30–50 %, а в отдельных областях, например около мыса Наварин, в Карагинском и Олюторском заливах, могла превышать продукцию зоопланктона (рис. 4.3.3). В АНР, в отличие от глубоководных районов, доля потребляемой продукции

зоопланктона возросла с 30 % в 1986–1990 гг. до 47–50 % в последующие периоды (табл. 4.3.3). Также в отличие от глубоководных районов, в АНР продукция зоопланктона принципиально не менялась за весь рассматриваемый период (26,6–32,0 млн т) (табл. 4.3.3). Пик потребления зоопланктонной пищи nekтоном пришелся на 1991–2002 гг. – 16,3 млн т, что было почти в 2 раза выше, чем в 1986–1990 гг. (8,6 млн т), из-за увеличившегося обилия молоди минтая в АНР. В современный период оценка объемов потребления зоопланктона в АНР несколько снизилась и составила 12,6 млн т, что в 1,5 раза выше, чем в 1986–1990 гг.

Таблица 4.3.1

Расчетные величины продукции и потребления зоопланктона nekтоном по периодам лет

Вид	СПР, %	С/В	Доля зоопланктона в питании	Доля зоопланктона в питании без сагитт	С/В, зооп.	С/В-6, зооп.	С/В, зооп. (без сагитт)	С/В-6, зооп. (без сагитт)
Минтай_взр	2,6	0,78	0,78	0,77	0,61	3,65	0,60	3,61
Минтай_мол	6	1,80	0,95	0,94	1,71	10,28	1,70	10,19
Сельдь	2,4	0,73	0,95	0,94	0,69	4,16	0,69	4,13
Мойва	3,4	1,02	1,00	0,98	1,02	6,11	0,99	5,97
Сайка	4	1,02	0,9	0,8	0,92	5,51	0,82	4,90
Кета	4,4	1,32	0,75	0,72	0,99	5,94	0,95	5,70
Кета_мол*	6	1,8	0,85	0,73	1,53	4,59	1,31	3,94
Горбуша*	4	1,2	0,77	0,74	0,92	2,77	0,89	2,66
Горбуша_мол*	11,3	3,39	0,75	0,68	2,54	7,63	2,31	6,92
Нерка	3,5	1,05	0,6	0,58	0,63	3,78	0,61	3,65
Нерка_мол*	9	2,7	0,8	0,7	2,16	6,48	1,89	5,67
Стенобрах	1,5	0,45	0,95	0,95	0,43	2,57	0,43	2,57
Серебрянка	2	0,6	0,95	0,95	0,57	3,42	0,57	3,42
Северный терпуг	8	2,4	0,95	0,85	2,28	13,68	2,04	12,24
Сев. кальмар	5,5	1,65	0,65	0,65	1,07	6,44	1,07	6,44

Примечания. СПР – суточный пищевой рацион (отношение массы потребленного корма в сутки к массе тела), С/В – отношение месячного потребления корма к среднемесячной биомассе, С/В – отношение полугодового потребления корма к средней биомассе. *Расчет на 3 мес. Данные по СПР и доле зоопланктона в питании взяты из ряда опубликованных источников [Горбатенко, Ильинский, 1991; Радченко, 1992; Баланов, 1994; Волков, 1994, 2016а, б; Ефимкин и др., 2004; Науменко, 2004; Волков и др., 2006, 2007; Карпенко и др., 2006; Чучукало, 2006], также использованы первичные данные по питанию массовых видов (трофологическая база данных ТИНРО).

В эпипелагиали карагинско-корякского шельфа доля потребления от продукции зоопланктона была выше, чем в глубоководных районах, – 32–48 % (табл. 4.3.3) и, в отличие от АНР, к современному периоду немного уменьшилась относительно 1986–1990 гг. (48 %), когда nekтоном потреблялось 6,3 млн т зоопланктона.

Наименьшая доля потребления продукции зоопланктона nekтоном наблюдалась в 1991–2002 гг. (32 %), когда продукция зоопланктона была на максимальном уровне (163 млн т), численность минтая и сельди была низкой, общее потребление зоопланктона составляло 4,6 млн т. В 2003–2019 гг. объемы потребления зоопланктона nekтоном были еще ниже, чем в 1991–2002 гг., – 3,8 млн т, однако на фоне снижения продукции зоопланктона трофическая нагрузка выросла до 42 %.

Таблица 4.3.2

Р/В коэффициенты основных групп зоопланктона

Группа зоопланктона	Р/В (годовой)	Р/В (6 мес.)
Chaetognata	6	3
Copepoda	9,5	4,75
Euphausiidae	3,1	1,55
Amphipoda	3,5	1,75
Coelenterata	5	2,5
Pteropoda	3	1,5
Cumacea	3,1	1,55
Oikopleura	5	2,5

Примечание. Источники данных: Аудин с соавт. [2002]; Е.П. Дулепова [1991]; А.В. Заволокин с соавт. [2014].

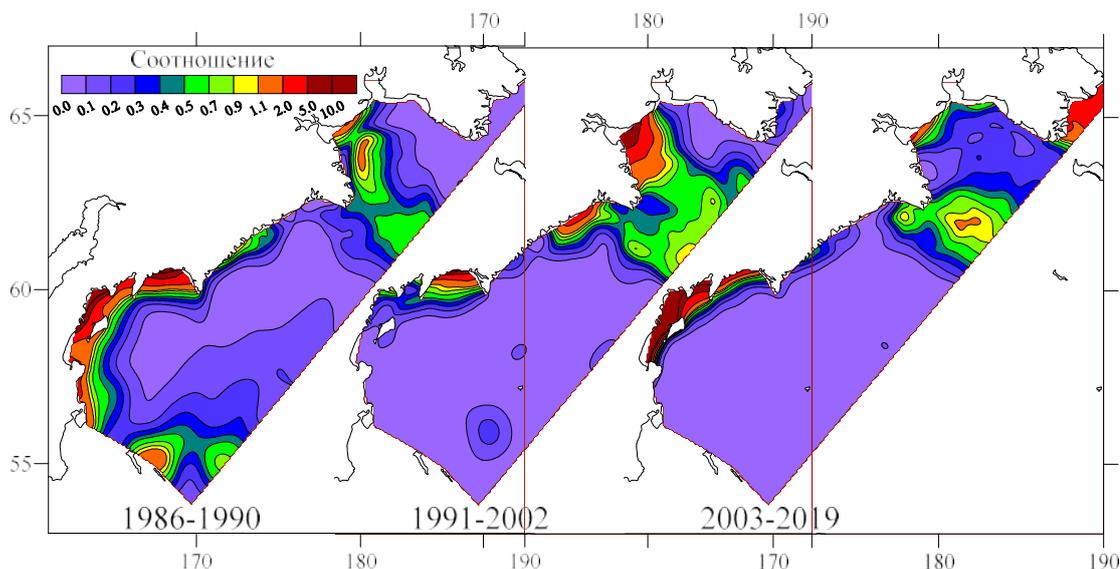


Рис. 4.3.3. Соотношение полугодового потребления nekтоном мирного зоопланктона крупной фракции и его продукции в эпипелагиали (0–200 м) западной части Берингова моря

Полученные оценки потребления nekтоном зоопланктона в глубоководной части в общих чертах соответствуют оценкам других авторов с учетом некоторых оговорок. Например, С.В. Найденко [2007] оценила объемы потребления зоопланктона nekтоном в 2002–2006 гг. (4,6–9,7 млн т во всей западной части Берингова моря) и, сравнив с периодом конца 1980-х гг., пришла к выводу, что объемы потребления пищи сократились в 3–5 раз, однако делает такой вывод для всей западной части Берингова

моря, включая АНР и ККШ, и заключает, что основной пресс потребления приходится на глубоководные районы. Это не соответствует расчетам, представленным здесь, где на долю глубоководных районов в 1986–1990 гг. приходилось около 56 % в абсолютных единицах и 26 % в относительных единицах потребления зоопланктона, в 2003–2019 гг. доля глубоководных районов в общем потреблении составила 23,0 % в абсолютных и 8,5 % в относительных единицах. Вероятно, несоответствие кроется в использовании автором данных только для верхней эпипелагиали, где роль глубоководных районов действительно выше, но при этом оценки потребления зоопланктона в шельфовых районах без использования данных из нижней эпипелагиали были явно занижены.

Таблица 4.3.3

Расчетные величины полугодовой (летне-осенний период) продукции и потребления зоопланктона nekтоном по периодам лет

Период	Продукция зоопланктона (без щетинкочелюстных)		Потребление зоопланктона nekтоном (без щетинкочелюстных)		Доля потребления от продукции зоопланктона	Продукция щетинкочелюстных	
	млн т	т/км ²	млн т	т/км ²		млн т	т/км ²
<i>Глубоководные районы</i>							
1986–1990	143,6	316,8	19,2	42,3	0,13	79,3	174,9
1991–2002	130,0	286,6	7,3	16,2	0,06	91,0	200,7
2003–2019	91,0	200,7	4,9	10,8	0,05	104,3	230,0
<i>Анадырско-наваринский район</i>							
1986–1990	28,6	162,3	8,6	48,6	0,30	11,4	64,9
1991–2002	32,0	181,7	16,3	92,6	0,51	17,1	97,1
2003–2019	26,6	150,9	12,6	71,6	0,47	19,0	108,0
<i>Карагинско-корякский шельф</i>							
1986–1990	13,4	154,4	6,3	73,3	0,48	5,1	58,6
1991–2002	14,1	163,3	4,6	52,7	0,32	5,3	61,4
2003–2019	9,1	104,7	3,8	43,6	0,42	7,2	83,7

В другом исследовании [Заволокин и др., 2014] для глубоководной части, а также присваловой части АНР была построена модель ЕСОРАТН для 1986 и 2006 гг. как наиболее контрастных по видовой структуре. По результатам расчетов авторы пришли к выводу, что потребление зоопланктона nekтоном в 2006 г. (11,2 т/км²) было в 2,2 раза ниже, чем в 1986 гг. (24,1 т/км²). Данное соотношение очень близко к полученной нами оценке. Также близкими, но несколько более высокими, оказались оценки потребления пищи nekтоном во всей западной части Берингова моря (0–200 м), рассчитанные В.П. Шунтовым и О.С. Темных [2011] в объеме 50 млн т в 1986–1990 гг. и 30–35 млн т в 1991–2005 гг.

Для восточной части моря также были проведены оценки продукции и потребления зоопланктона. В частности, Хант с соавторами [Hunt et al., 2016] среднегодовую продукцию эвфаузиид на среднем и внешнем шельфе оценили в $0,048 \text{ гС/м}^2 \cdot \text{день}^{-1}$, или $8,6 \text{ гС/м}^2$ в течение летне-осеннего периода, в тотальных величинах это равняется $2,5 \text{ млн т С}$. Используя переходные коэффициенты сырого-сухого и сухого-углеродного весов [Harvey et al., 2012], получим величину 28 млн т . Потребление минтаем продукции эвфаузиид было оценено в $17\text{--}29 \%$. В относительных единицах продукция эвфаузиид на среднем и внешнем восточном шельфе составила 93 т/км^2 . В немного более ранних исследованиях [Ressler et al., 2012, 2014] акустическим методом биомасса эвфаузиид в 2004–2010 гг. была оценена в среднем в 60 млн т (или 150 т/км^2), что, учитывая полугодовой Р/В-коэффициент $1,55$, равняется 90 млн т продукции за полгода (225 т/км^2), при этом доля продукции, потребляемой минтаем ($9,5 \text{ млн т}$ за летне-осенний период), составляла в таком случае всего около 10% . Но при этом авторы отмечают сильную негативную связь между минтаем и эвфаузиидами, что является проявлением «контроля сверху», а также более сильную связь, которая прослеживалась между биомассой эвфаузиид и придонной и поверхностной температурой – «контроль снизу». Сомнительно, что при потреблении всего 10% продукции эвфаузиид минтай может «контролировать» продукцию эвфаузиид. Хант с соавторами [2016] отмечают, что у акустического метода оценки эвфаузиид, в отличие от сетных сборов, биомасса эвфаузиид сильно завышается, при применении планктонных сетей эта проблема частично решается введением коэффициентов уловистости.

В итоге наши оценки для эвфаузиид оказались меньшими и составляли $1,7\text{--}4,0 \text{ млн т}$ для АНР (максимум в 2003–2019 гг., минимум – в 1986–1990 гг.) и $4,6\text{--}6,4 \text{ млн т}$ для глубоководных котловин (минимум в 1991–2002 гг.). в АНР – $9\text{--}22 \text{ т/км}^2$, в глубоководных районах – $10\text{--}14 \text{ т/км}^2$. Но, учитывая завышение оценок запасов эвфаузиид акустическим методом, они кажутся более приемлемыми. Оценку запаса зоопланктона в восточной части Берингова моря в 2000-х гг. проводил А.Ф. Волков [2012a], но, на удивление, тотальные оценки запаса зоопланктона крупной фракции составили в среднем всего около 5 млн т , при этом оценки, приведенные автором для западной части моря [Волков, 2012б], выглядят правдоподобно – $40\text{--}90 \text{ млн т}$.

Также стоит отметить еще раз факт повышения биомассы щетинкочелюстных в западных районах Берингова моря – преимущественно в глубоководной части.

Щетинкочелюстные, как основной хищник в системе планктон-планктон [Слабинский, 1982; Волков, Ефимкин, 1990; Дулепова, 1991, 2013], являются резервной системой утилизации избытка продукции зоопланктона, в частности копепод. Таким образом, логично, что при повышенной трофической нагрузке на кормовой зоопланктон со стороны nekтона роль щетинкочелюстных в выедании зоопланктона должна снижаться. Соответственно, должна уменьшаться и продукция щетинкочелюстных, и наоборот, при уменьшении трофической нагрузки на зоопланктон со стороны nekтона продукция щетинкочелюстных увеличивается. Это наглядно просматривается на наших данных (рис. 4.3.4, табл. 4.3.3). Отметим, что биомасса щетинкочелюстных в районах внутреннего шельфа, т.е. в местах наибольшей трофической нагрузки на планктон, была достаточно низкой. Тем не менее в районах внешнего шельфа АНР и ККШ биомасса щетинкочелюстных увеличилась, как и в глубоководных районах (табл. 4.3.3), что, вероятно, связано с их выносом из глубоководных районов, где отмечены наиболее высокие концентрации щетинкочелюстных (рис. 4.3.4).

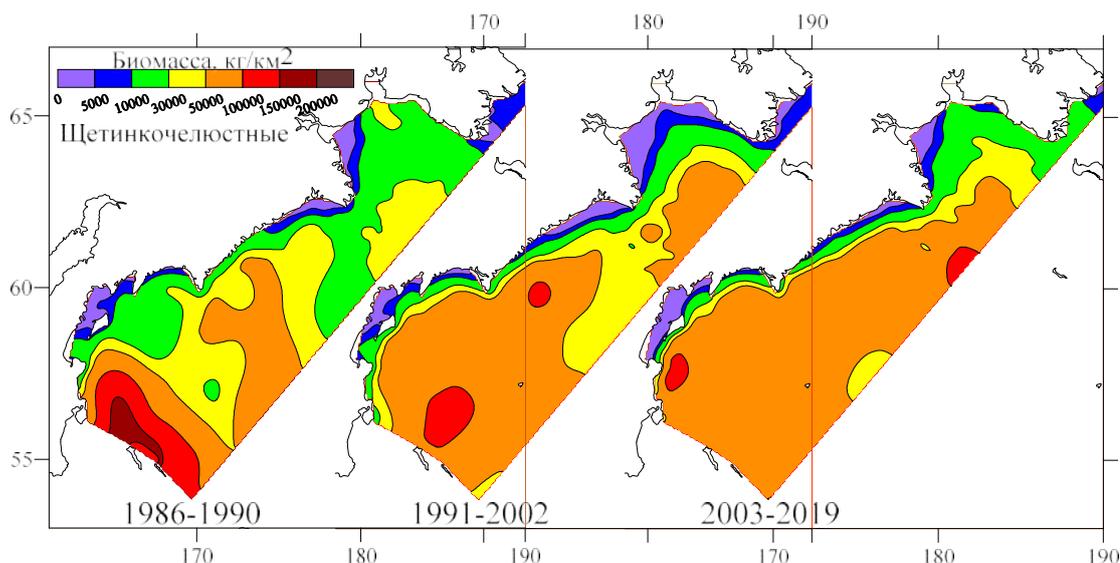


Рис. 4.3.4. Биомасса щетинкочелюстных ($\text{кг}/\text{км}^2$) в эпипелагиали (0–200 м) западной части Берингова моря

Таким образом, 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. Причинами изменения данного показателя являются как изменение биомассы потребителей, например минтая в глубоководных районах, так и изменение продукции зоопланктона. По сравнению с глубоководными районами доля потребления зоопланктона в шельфовых районах более значительна и в отдельных участках может даже превышать

продукцию зоопланктона, однако это, вероятно, компенсируется привнесом зоопланктона из смежных акваторий. Такая ситуация наблюдается, например, в АНР. 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 нектона. В этой связи довольно неправдоподобными выглядят, например, выводы о значительной пищевой конкуренции между нагульными тихоокеанскими лососями в северной Пацифике [Бирман, 1985; Ishida et al., 1993; Nagasawa, 1999; Гриценко и др., 2000; Kaeriyama, 2003] и в южной части Берингова моря, в частности подавление восточнокамчатской горбушей нерки зал. Бристоль [Ruggerone et al., 2003, 2005, 2015; Batten et al., 2017].

Очевидно, что для успешного нагула тихоокеанских лососей и других видов нектона, которые активно расселяются на большие акватории, в Беринговом море кормовых ресурсов предостаточно для избегания прямой конкуренции за пищевые ресурсы. Также нужно иметь в виду, что зоопланктонная составляющая хоть и преобладает в рационе массовых видов нектона, но весьма значительная часть потребления также приходится и на микронектон. На отдельных же шельфовых участках, особенно в «выростных» зонах молоди ряда видов (например, минтай, сельдь, мойва, камбалы, молодь лососей в Карагинском заливе), могут действительно наблюдаться дефицит пищи и меж-, и внутривидовая конкуренция за пищевые ресурсы [Карпенко и др., 2006; Балыкин, Золотов, 2010; Карпенко, Бонк, 2014].

При анализе видовой структуры нектона западной части Берингова моря за каждый конкретный год для основных биотопов: глубоководные котловины, анадырско-наваринский район, карагинско-корякский шельф, верхняя и нижняя эпипелагиали, — годы наблюдений группировались определенным образом, что для каждого рассматриваемого биотопа выделялось две группы лет, причем они различались в зависимости от биотопа. Различия заключались в принадлежности периода 1990-х гг. к группе лет конца 1980-х гг. (АНР, ККШ) или к 2000-м гг. (глубоководные районы), при этом в нижней эпипелагиали АНР принципиальных различий в видовой структуре не отмечалось за весь период наблюдений. Таким образом, было выделено три периода в многолетней динамике нектона: 1986–1990 (доминирование минтая), 1991–2002 (переходный период), 2003–2019 гг. (лососевый период, доминирование сельди в ККШ), которые в целом соответствуют принятым в ТИНРО периодам (1986–1990, 1991–1995,

1996–2005, 2006–2019), но так как периодизация рассматривалась конкретно для Берингова моря, то они более соответствуют изменениям в видовой структуре nekтона за рассматриваемый период.

Наиболее существенно изменения в видовой структуре nekтона, общей биомассе и пространственном распределении видов проявились в районе глубоководных котловин, где доминирующая группа видов полностью изменилась в современный период: преобладание нагульных лососей (кета, нерка, чавыча) и местных стад горбуши, а также северного кальмара, в нижней эпипелагиали – доминирование светлоперого стенобраха и серебрянки. В шельфовых районах, такие изменения имели более сглаженный характер: например, в АНР принципиальных изменений не отмечено вовсе, минтай на протяжении всего периода наблюдений сохранял преобладающее значение, изменения касались только перестановок среди субдоминантов – увеличение доли мойвы и сайки в 1991–2002 гг. и выход на второе место по биомассе сельди в 2003–2019 гг. В ККШ заметные перестройки в nekтоне проявились в 2003–2019 гг., когда на большей части олюторско-корякского шельфа стала преобладать сельдь.

Западная часть Берингова моря на большей части своей акватории, за исключением ККШ и северной части зал. Анадырь, является транзитным районом летне-осеннего нагула массовых видов рыб и кальмаров – минтая, лососей, кальмаров, сельди. Общая биомасса nekтона и его видовая структура в эпипелагиали зависят от того, какие виды и в каком объеме придут на нагул в эту часть моря, а также от численности местных популяций массовых видов. К факторам, определяющим масштабы миграции в глубоководные котловины или в АНР, прежде всего стоит отнести динамику численности нагуливаемых видов, которая в свою очередь определяется комплексом условий на местах размножения и раннего онтогенеза.

Немаловажную роль играют климато-океанологические факторы, которые, во-первых, определяют условия для появления урожайных/неурожайных поколений на местах и, во-вторых, могут благоприятствовать или, наоборот, создавать помехи при нагульных миграциях, например, развитие Лаврентьевского пятна холода в АНР или, наоборот, некоторое повышение поверхностной температуры в летний период в глубоководных районах создает более благоприятные условия для миграции лососей и южных видов-мигрантов.

Следует отметить, что анализ данных об объемах потребления зоопланктона nekтоном показал, что запасов пищи в западной части Берингова моря более чем достаточно для нагула nekтонных организмов даже в периоды массовых миграций мигрируя в глубоководные районы. Таким образом, говорить о конкурентных взаимоотношениях за пищу среди массовых видов nekтона не приходится.

Еще раз подчеркнем, что видовая структура nekтона в 2003–2019 гг. отличалась от структуры предыдущих периодов во всех биотопах эпипелагиали западной части Берингова моря. При этом объем материала, накопленный для данного периода, несравним по регулярности и качеству собранного материала с предыдущими периодами. Это открывает возможности для более глубокого анализа сезонной и межгодовой динамики nekтона.

Глава 5 Сезонные изменения в нектоне

5.1 Сезонные изменения обилия и пространственного распределения массовых видов нектона

В предыдущей главе была рассмотрена изменчивость в сообществах нектона эпипелагиали в западной части Берингова моря в многолетнем аспекте. За более чем тридцатилетний период наблюдений видовая и трофическая структура нектона претерпевала существенные изменения. Также было показано, что изменения в составе и структуре нектона в АНР и глубоководных районах оказались преимущественно отражением динамики численности массовых видов под влиянием местных биотических и абиотических условий. В сезонном плане изменения в нектонном сообществе западной части Берингова моря выражены намного сильнее, чем в многолетнем или межгодовом, и обуславливаются в равной степени как динамикой численности популяций, так и сезонными изменениями условий среды.

Наиболее важным фактором сезонности и начала процессов вегетации в эпипелагиали является формирование зон «неоднородности» или высокоградиентных фронтальных зон. В процессе прогрева поверхностных вод в весенний-раннелетний период формируется верхний квазиоднородный слой (ВКС), который отделяется термоклином от холодной промежуточной водной массы остаточного зимнего охлаждения, его толщина в летнее время составляет 20–50 м. Термоклин служит в качестве «жидкой границы», в районе которой начинаются процессы массового продуцирования фито- и зоопланктона. В шельфовых районах, где в зимнее время поверхностные воды покрываются льдом, в процессе весеннего таяния льдов, помимо вертикального фронта, образуется также и горизонтальный термический фронт у кромки талого льда, здесь процессы вегетации протекают еще мощнее, чем в эпипелагиали открытых вод. При этом со временем фронтальная зона и зона повышенного продуцирования смещаются по направлению таяния льда, а в открытых водах – по направлению градиента температуры поверхности и формирования толщины ВКС.

Эпипелагиаль Берингова моря является высокодинамичной средой и характеризуется упрощенной структурой сообщества нектона относительно донных

биотопов, отчасти напоминающих наземные экосистемы [Шунтов и др., 1990]. Интенсивная динамика водных масс в открытой глубоководной части моря не позволяет многим видам nekтона нереститься в данном биотопе, однако они с успехом используют его для нагула, адаптировавшись к расселению на большие акватории. Но при этом нагуливающиеся виды nekтона тяготеют к различного рода фронтальным водным структурам: например, минтай концентрируется у термоклина [Радченко, Соболевский, 1992], особенно его сеголетки [Кузнецов и др., 2004; Swartzman et al., 2005]. Исключение составляют мезопелагические рыбы и кальмары которые нерестятся в глубоководных слоях, но при этом показано [Радченко, 1994; Баланов, Радченко, 1995], что, например, для стенобраха Берингово море является зоной нагула, так как за все время исследований не было отмечено половозрелых особей, что связано с постоянным заносом молоди стенобраха из северо-восточной части Тихого океана и выносом созревающих особей в СЗТО [Радченко и др., 2021].

В АНР также не обнаружены массовые нерестилища пелагических рыб вследствие сурового режима этого района в зимнее время. Например, численность локальной нерестовой группировки минтая в наваринском районе мала и составляет около 0,3–0,4 % общей численности нерестовой части популяции восточноберингоморского минтая [Грицай, Степаненко, 2003; Stepanenko, Gritsay, 2014]. Исключение составляют мойва, нерестящаяся в Анадырском заливе, а также местная озерная сельдь (запасы которой незначительны), песчанка, корюшки.

Лето и осень являются периодами максимальной концентрации nekтона, как в глубоководных котловинах, так и в анадырско-наваринском районе в результате транзитных, нагульных, анадромных и пассивных миграций (вследствие биологических особенностей годовых и онтогенетических циклов, а также сезонных изменений гидродинамического режима) различных видов nekтона [Радченко, 1994]. На долю этих видов приходится подавляющая часть биомассы всего nekтона. Биомасса голоэпипелагических видов (постоянно обитающих в эпипелагиали) незначительна [Ильинский, Радченко, 1992; Глебов и др., 2010]. В целом сезонные перестройки в сообществе начинаются в апреле, а заканчиваются в ноябре-декабре. Основная часть ихтиомассы зимой сконцентрирована вблизи материкового склона и на внешнем шельфе. Плотность распределения рыб вплоть до мая – начала июня в открытых водах составляет менее 0,3 т/км² [Радченко, 1994].

Отличительной особенностью анадырско-наваринского района является местная гидрологическая обстановка, которая способствует обильному продуцированию кормовой базы в весенний и раннелетний период [Springer, McRoy 1993; Springer et al., 1996; Шунтов 2001], а также выносу и накоплению зоопланктона из сопредельных акваторий [Khen, 1989; Маркина, Хен, 1990]. Тем не менее в глубоководных котловинах относительная концентрация зоопланктона ниже, чем на шельфе [Волков, Ефимкин, 1990], но его общий запас и продукция не уступают шельфовым областям и идеально подходят для нагула рыб и кальмаров, не образующих локальные массовые скопления и косяки (тихоокеанские лососи, кальмары, мезопелагические рыбы) [Шунтов, 1988; Ефимкин, Радченко, 1991; Naydenko, Somov, 2019].

В осенний период в указанных районах наблюдаются обратные процессы: разрушение термоклина в результате выхолаживания и штормового перемешивания стратифицированных в летнее время вод. В АНР также начинаются процессы льдообразования. В результате рыбы и кальмары покидают район нагула [Сомов, 2017a].

Таким образом, глубоководные районы и АНР являются важными районами нагула эпипелагических видов, которые начинают распространяться сюда в конце весны – начале лета вслед за образованием фронтальных зон, областей повышенного или стабильного содержания кормовых организмов и приемлемого для эффективного физиологического функционирования организма термического режима вод.

В данной главе рассматриваются особенности сезонных изменений биомассы основных видов нектона и видовой структуры нектона в западной части Берингова моря.

В течение летне-осеннего периода в западной части Берингова моря наблюдаются значительные изменения биомассы и пространственного распределения нектона. Биомасса нектона в АНР по траловым данным в среднем за летне-осенний период оценена в 1291 тыс. т с максимумом в сентябре – 2271 тыс. т и октябре – 1645 тыс. т и минимумом в июне – 467 тыс. т и ноябре – 1152 тыс. т (табл. 5.1.1). Основу биомассы нектона в АНР слагали 5 видов: минтай, сельдь, мойва, кета и сайка. Наибольшую долю по биомассе в слое как 0–50 м, так и 50–200 м во все месяцы имел минтай (72–96 %). В глубоководных районах биомасса нектона с июня по октябрь изменялась от 471 тыс. т в июне до 765 тыс. т в сентябре (табл. 5.1.2). *Основу биомассы нектона в глубоководных*

районах слагали тихоокеанские лососи (кета, горбуша, нерка) и северный кальмар. При сравнении относительного обилия nekтона в двух биотопах видно, что плотность распределения nekтона в АНР (2,3–11,6 т/км²) значительно выше, чем в глубоководных районах (1,0–1,7 т/км²).

Таблица 5.1.1

Траловые оценки биомассы наиболее массовых видов nekтона в районе северо-западного шельфа Берингова моря, тыс. т

Вид	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Среднее	Слой
Минтай взр.	447,3	721,7	750,9	1618,9	951,0	751,2	873,5	0–200
Минтай мол.	+	18,7	11,7	120,4	356,4	349,9	142,9	
Сельдь	1,0	29,3	116,7	358,1	33,7	16,1	92,5	
Мойва	7,1	9,9	9,1	44,5	244,4	30,2	57,5	
Кета взр.	7,5	59,2	107,9	37,3	2,1	–	35,7	
Сайка	–	–	38,8	72,1	38,2	–	24,9	
Весь nekтон	466,7	847,6	1064,0	2271,3	1645,5	1152,3	1291,2	
Минтай взр.	47,3	199,3	263,8	566,8	308,5	147,2	255,5	0–50
Минтай мол.	+	3,3	9,8	54,2	334,6	200	100,3	
Сельдь	1,0	9,1	72,9	233,6	24,0	10,0	58,4	
Мойва	7,1	9,7	8,6	31,0	236,8	30,0	53,9	
Кета взр.	7,5	57,8	105,2	35,5	1,8	–	34,6	
Сайка	–	–	38,8	72,1	38,2	–	24,9	
Весь nekтон	66,7	287,1	513,6	1007,8	955,1	390,2	536,3	
Минтай взр.	400,0	522,4	487,1	1052,0	642,5	604,0	618,0	50–200
Минтай мол.	+	15,4	1,9	66,3	21,8	149,9	42,5	
Сельдь	Н/Д	20,2	43,8	124,5	9,8	6,1	34,1	
Мойва	Н/Д	0,2	0,5	13,5	7,6	0,2	3,7	
Кета взр.	Н/Д	1,4	2,8	1,8	0,3	–	1,0	
Сайка	Н/Д	–	+	+	+	–	+	
Весь nekтон	400,0	560,6	550,4	1263,6	690,4	762,1	704,8	
Сезонные поправочные коэффициенты								
Минтай взр.	2	1,2	1,2	0,5	0,9	1,2		0–200
Минтай мол.	0	9	7	1,2	0,4	0,4		
Сельдь	6	3	0,8	0,25	2,8	6		
Мойва	8	6	5	1,3	0,2	2		
Кета взр.	5	0,6	0,33	0,95	5	0		
Сайка	0	0	0,65	0,35	0,65	0		

Примечание. Курсивом выделены предполагаемые значения. Н/Д – нет данных, «+» – биомасса менее 0,1 тыс. т, «–» – отсутствовал в уловах.

У взрослого минтая, который преимущественно наблюдался в АНР, биомасса в течение летне-осеннего периода изменялась до 4–5 раз (см. табл. 5.1.1). Минимальные значения биомассы отмечены в июне (450 тыс. т), максимальных значений биомассы минтай достигал в сентябре-октябре (1000–1500 тыс. т) с последующим снижением в

ноябре (751 тыс. т). Наиболее выражено сезонные изменения обилия проявлялись в слое 0–50 м, где биомасса изменялась более чем на порядок.

В соответствии с изменениями общей биомассы взрослого минтая в АНР изменялось и его пространственное распределение (рис. 5.1.1). В целом ядро концентрации минтая во все месяцы располагалось к юго-востоку от мыса Наварин, изменения наблюдались в масштабах распространения взрослого минтая. Так, в июне взрослый минтай отмечался только в районе внешнего шельфа. В июле-августе наблюдалась активная экспансия взрослого минтая в воды наваринского района и далее в Анадырский залив, которую можно проследить по границе концентрации 1 т/км^2 . В сентябре распространение взрослого минтая в АНР достигало пика: концентрации более 1 т/км^2 были распределены на более чем 80 % акватории. Начиная с октября отмечались процессы обратной миграции взрослого минтая из района исследований, что видно по отсутствию концентраций минтая больше 1 т/км^2 в северной части зал. Анадырь. Изменения пространственного распределения взрослого минтая в нижней эпипелагиали (50–200 м) были выражены менее явно и были более сглаженными, тем не менее заметно, что в ноябре взрослый минтай продолжал активно откочевывать в юго-восточном направлении.

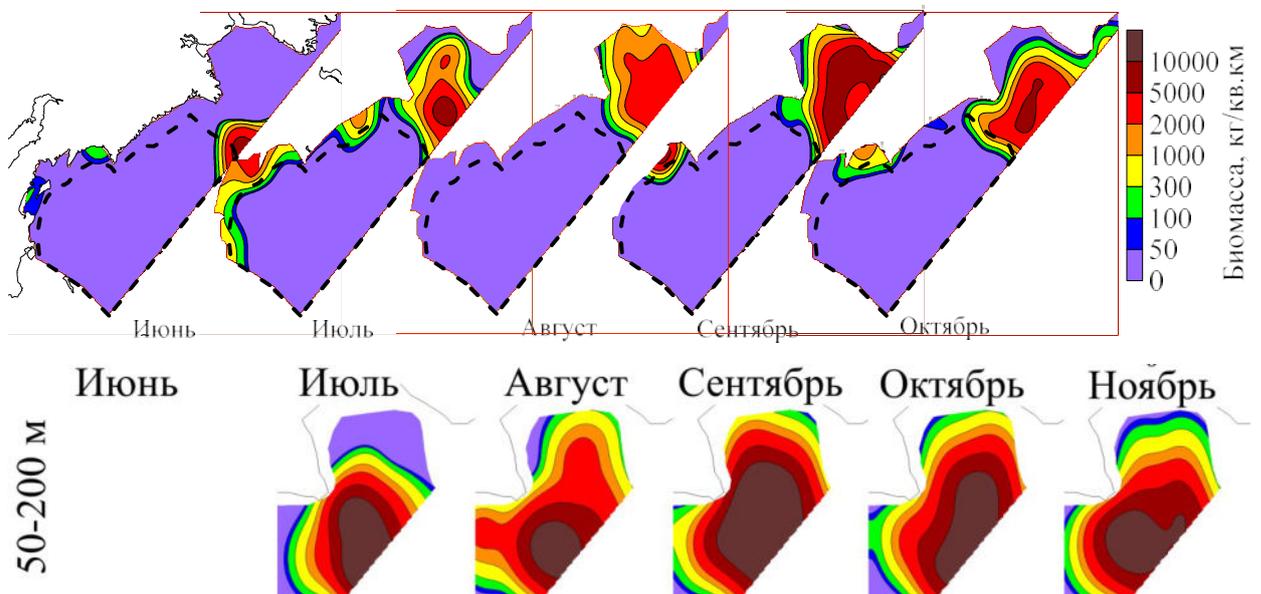


Рис. 5.1.1. Пространственное распределение минтая в западной части Берингова моря по месяцам: **вверху** – слой верхней эпипелагиали (0–50 м), **внизу** – нижней эпипелагиали в АНР (50–200 м). *Пунктиром* обозначена зона глубоководных котловин

Согласно данным промысловой статистики российских добывающих судов в АНР, промысел минтая активно ведется вплоть до декабря, в январе-феврале общий

вылов минимален, а в марте-апреле не ведется вовсе, возобновляется промысел минтая мае-июне.

Таблица 5.1.2

Траловые оценки биомассы наиболее массовых видов нектона в глубоководных котловинах западной части Берингова моря, тыс. т

Группа, вид		Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Средняя сезонная
Весь нектон		471,2	642,3	736,3	765,3	661,4	655,3
<i>Лососи</i>		<i>300,5</i>	<i>471,7</i>	<i>534,8</i>	<i>422,3</i>	<i>225,6</i>	<i>391,0</i>
Кета:	Взрослая	136,2	269,7	431,7	245,0	113,4	239,2
	Сеголетки	0,00	0,00	0,06	1,94	2,42	0,88
Горбуша:	Половозрелая	149,0	144,1	0,6	0,0	0,0	58,8
	Сеголетки	0,0	0,0	0,6	45,4	39,1	17,0
Нерка:	Взрослая	13,1	37,6	59,8	116,7	61,3	57,7
	Молодь	0,13	0,75	0,03	1,13	1,00	0,61
Чавыча:	Взрослая	1,75	15,28	36,10	5,32	3,85	12,46
	Молодь	0,24	4,04	2,64	2,35	2,89	2,43
Кижуч		0,00	0,18	3,32	4,37	1,63	1,90
<i>Кальмары</i>		<i>88,3</i>	<i>139,1</i>	<i>144,1</i>	<i>177,5</i>	<i>280,3</i>	<i>165,9</i>
Северный кальмар		84,7	110,2	109,5	165,8	271,6	148,4
Камчатский гонатус		3,19	21,26	34,43	10,30	3,15	14,47
Молодь гонатид		0,44	7,67	0,00	1,34	5,40	2,97
Командорский кальмар		0,01	0,00	0,13	0,03	0,12	0,06
<i>Мезопелагические рыбы</i>		<i>15,2</i>	<i>17,8</i>	<i>30,6</i>	<i>63,6</i>	<i>29,2</i>	<i>31,3</i>
Светлоперый стенобрах		1,65	0,58	21,25	52,89	22,36	19,75
Серебрянка		11,96	14,68	6,62	7,81	6,04	9,42
Прочие мезопел. рыбы		1,62	2,55	2,70	2,86	0,86	2,12
<i>Донные рыбы</i>		<i>6,8</i>	<i>2,2</i>	<i>25,1</i>	<i>54,5</i>	<i>17,7</i>	<i>21,3</i>
Сев. одноперый терпуг (мол.)		6,4	2,1	23,5	53,7	16,9	20,5
Молодь прочих донных рыб		0,11	0,10	0,43	0,78	0,78	0,44
Песчанка		0,27	0,01	1,21	0,03	0,00	0,30
<i>Нерито-пелагические рыбы</i>		<i>53,9</i>	<i>10,5</i>	<i>0,6</i>	<i>40,4</i>	<i>100,8</i>	<i>41,2</i>
Сельдь		31,25	1,69	0,01	5,01	46,35	16,86
Минтай:	Молодь	0,00	0,14	0,41	28,45	32,20	12,24
	Взрослый	22,55	7,98	0,06	6,75	10,89	9,65
Мойва		0,12	0,68	0,07	0,18	11,33	2,48
<i>Прочие виды</i>		<i>6,4</i>	<i>1,0</i>	<i>1,1</i>	<i>7,2</i>	<i>7,9</i>	<i>4,7</i>
Трёхигл. колюшка		0,02	0,00	0,00	6,64	7,77	2,89
Рыба-лягушка		6,31	0,93	0,18	0,07	0,04	1,51
Миноги		0,06	0,09	0,90	0,46	0,08	0,32

Таким образом, большую часть года минтай присутствует в АНР, в летне-осенний период он в массе мигрирует в российские воды, а в периоды наибольшего развития

ледового покрова его концентрации в АНР минимальны. В глубоководные котловины минтай в современный период фактически не распространяется.

Биомасса молоди минтая в западной части Берингова моря от лета к осени изменяется фактически на два порядка (табл. 5.1.1). Наиболее выраженные сезонные изменения биомассы и распространения молоди наблюдаются в верхней эпипелагиали (0–50 м) (рис. 5.1.2). В отличие от взрослого минтая, который активно мигрирует в АНР, молодь в течение всего летне-осеннего периода выносится течениями в район СЗБМ из районов воспроизводства и достигает максимальных концентраций к концу осени [Шунтов и др., 1993; Зверькова, 2003]. Наши данные полностью подтверждают эти сведения. В июне-июле молодь минтая практически не встречается в пределах АНР и ее биомасса крайне низка – менее 10 тыс. т. В последующие месяцы общая биомасса молоди минтая и площадь распространения в АНР увеличивались. В октябре-ноябре биомасса молоди минтая оценивалась в 350 тыс. т с концентрациями более 1 т/км² на большей части АНР. В ноябре наблюдения в верхней эпипелагиали (0–50 м) отсутствуют, однако высокое обилие молоди в слое 50–200 м, а также данные акустического зондирования [Кузнецов и др., 2004, 2013] в ноябре 1997 и 2001 гг. (когда сеголетки минтая были массово распространены в южной части зал. Анадырь и наваринском районе в слое 0–40 м) позволяют предполагать, что в ноябре биомасса молоди минтая в АНР находится на весьма высоком уровне.

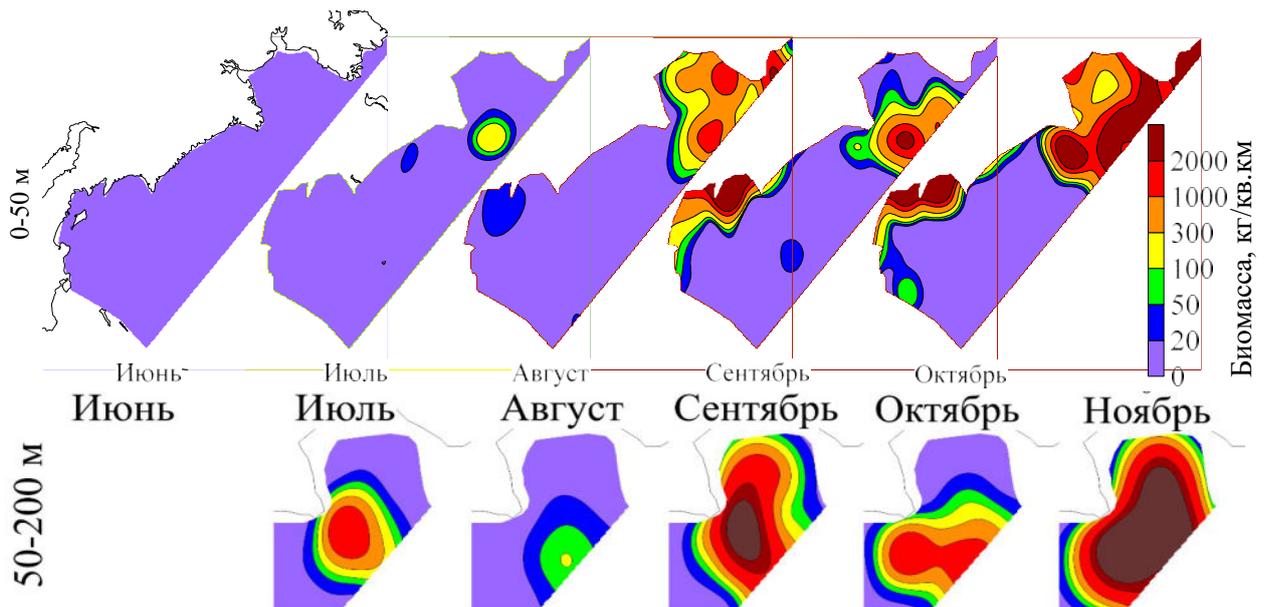


Рис. 5.1.2. Пространственное распределение биомассы молоди минтая по месяцам в северо-западной части Берингова моря

В глубоководных котловинах молодь минтая в существенных концентрациях не наблюдалась, за исключением присваловых областей наваринского района, а также Карагинского и Олюторского заливов в сентябре-октябре. Очевидно, что молодь минтая, отмечаемая в карагинско-олюторском районе, принадлежала западноберинговоморской популяции минтая.

Сельдь. Изменения биомассы и пространственного распределения сельди в АНР характеризовались сезонными перемещениями корфо-карагинской и комплексом стад восточберинговоморской сельди. Так, в АНР отчетливо прослеживалась миграция сельдей из восточной части Берингова моря, начало которой происходило в июне-июле (рис. 5.1.3). Сельдь в АНР начинает отмечаться с июля (рис. 5.1.3), при этом контуры ее распределения в верхней эпипелагиали предполагают распространение с восточного шельфа. Пика миграции восточноберинговоморская сельдь достигает в сентябре, и ее биомасса за этот период оценена в 358 тыс. т с концентрациями более 2 т/км^2 к юго-востоку от мыса Наварин и в южной части Анадырского залива. В последующие месяцы ее концентрация в АНР снижается, что является следствием ее обратных миграций, а также возможного смещения в район корякского шельфа, где в октябре отмечались весьма значительные концентрации к юго-западу от мыса Наварин (рис. 5.1.3).

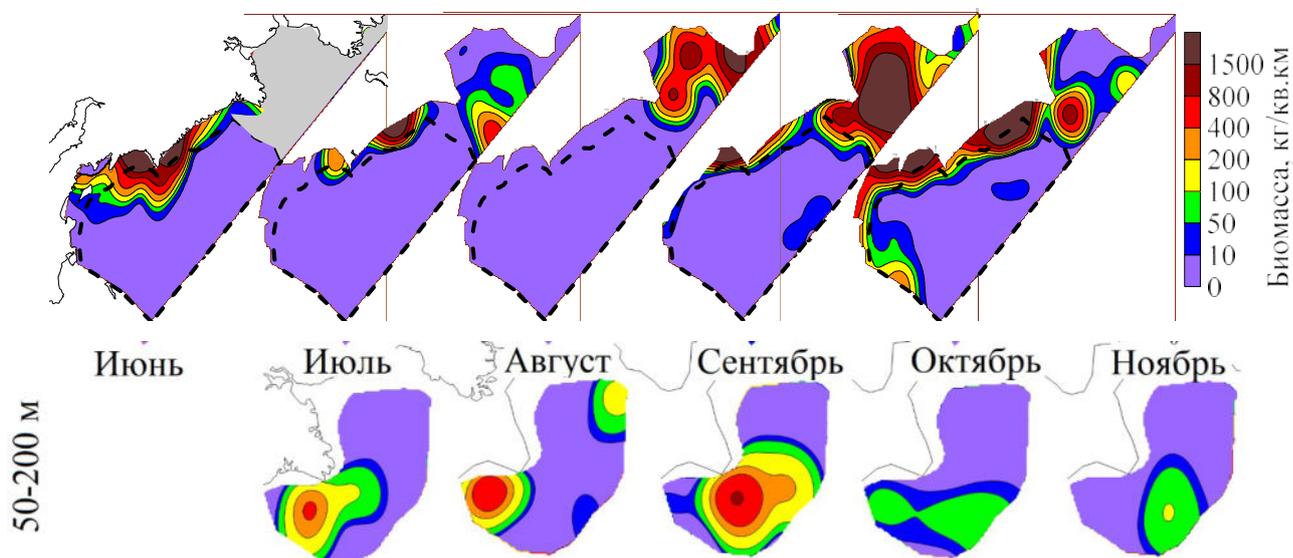


Рис. 5.1.3. Пространственное распределение сельди в западной части Берингова моря по месяцам: **вверху** – слой верхней эпипелагиали (0–50 м), **внизу** – нижней эпипелагиали в АНР (50–200 м). *Пунктиром* обозначена зона глубоководных котловин

Миграции корфо-карагинской сельди прослеживались не так отчетливо, как восточноберинговоморских стад, однако на картах распределения заметно ее смещение из шельфовых областей в присваловые районы и генерализованное перераспределение в северо-восточном направлении в район корякского шельфа в течение летне-осеннего

периода (рис. 5.1.3). Известные в литературе схемы миграции корфо-карагинской сельди [Качина, 1981] предполагают интенсивные нагульные миграции сразу после окончания нереста в Карагинском заливе. Пик миграции сельди приходится на июль. Считается, что протяженность миграций корфо-карагинской сельди составляет около 500 миль по достижении района западнее мыса Наварин, где она, вероятно, смешивается с восточноберинговоморскими стадами. Сроки обратных миграций колеблются от середины августа до начала ноября.

Тихоокеанские лососи. Западная часть Берингова моря является районом летне-осеннего нагула тихоокеанских лососей различных региональных стад. Виды лососей, которые проводят более одного года в море, мигрируют в Берингово море на нагул из районов зимовки в Тихом океане в зоне Субарктического фронта [Шунтов и др., 2010; Шунтов, Темных, 2011]. К таким видам относятся кета, нерка и чавыча. В период нагула в Беринговом море смешиваются скопления различных региональных стад. В западную часть Берингова моря нагульные лососи мигрируют из сопредельных акваторий в Тихом океане и восточной части Берингова моря в начале лета (рис. 5.1.4). Основной путь миграции проходит через Алеутскую котловину эшелонировано: сначала более крупные, затем более мелкие особи [Заволокина, Заволокин, 2007; Сомов, 2017а].

Кета является самым массовым видом тихоокеанских лососей в Беринговом море [Сомов, 2015б]. Взрослые особи начинают мигрировать в западную часть Берингова моря в июне, распределяясь преимущественно в район глубоководных котловин (рис. 5.1.4). Биомасса взрослой кеты в июне в глубоководных котловинах составляла 136 тыс. т, существенная часть взрослой кеты в раннелетний период является половозрелой и мигрирует к нерестилищам, самые крупные из которых – реки Анадырского и Карагинского заливов. Начиная с июля среди взрослой кеты встречаются только нагуливающиеся особи. Концентрации кеты перераспределяются также и в АНР, а в августе достигают пика миграции (431 тыс. т в глубоководных котловинах и 105 тыс. т в АНР). В последующие месяцы концентрация взрослой кеты снижается: в октябре она покидает АНР, но еще массово представлена в глубоководных районах (113 тыс. т). Полностью западную часть Берингова моря кета, по-видимому, покидает в ноябре.

Сеголетки кеты в западной части Берингова моря встречаются в осенний период (рис. 5.1.5). Характер их распределения указывает на основные районы их воспроизводства – Карагинский и Анадырский заливы. Сеголетки анадырской кеты

мигрируют в южном и юго-восточном направлениях в Алеутскую котловину. Карагинская кета смещается в мористые районы в различных направлениях – от юго-западного (покидая Берингово море через Камчатский пролив) до северо-восточного, осваивая обширные открытые области глубоководных котловин. В октябре сеголетки кеты еще массово присутствуют в западной части Берингова моря и активно откочевывают в океан в ноябре. Биомасса сеголеток кеты в глубоководных котловинах в сентябре-октябре составляла 1,94–2,42 тыс. т (25–35 млн экз.), или 4–5 кг/км², однако в областях максимальных концентраций превышает 50 кг/км². В АНР биомасса сеголеток кеты оценена в 0,17–0,24 тыс. т (2,5–3,5 млн экз.), или около 0,5 кг/км² с максимальными концентрациями более 5 кг/км².

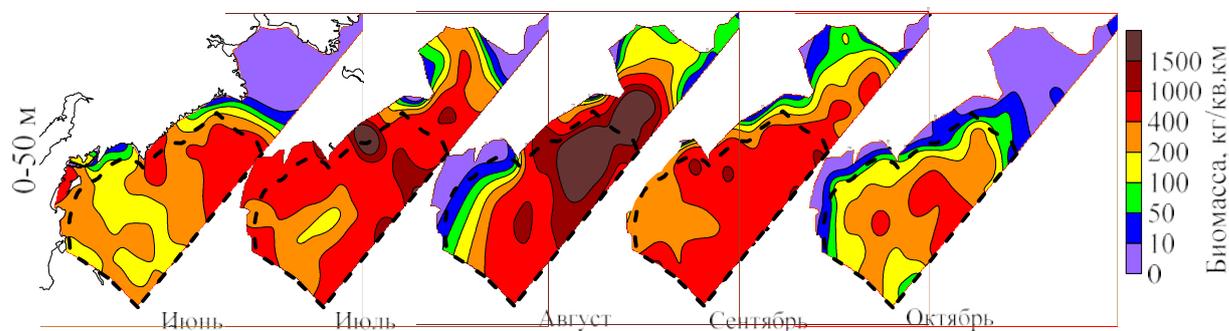


Рис. 5.1.4. Пространственное распределение взрослой кеты в западной части Берингова моря по месяцам. Пунктиром обозначена зона глубоководных котловин

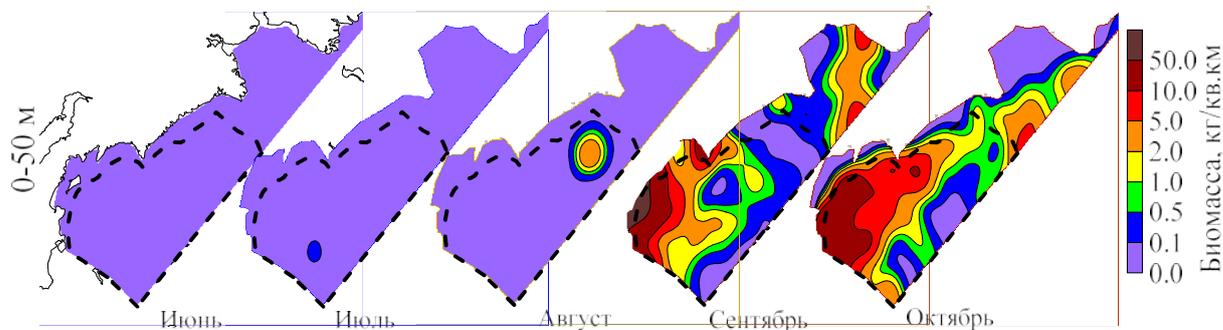


Рис. 5.1.5. Пространственное распределение сеголеток кеты в западной части Берингова моря по месяцам. Пунктиром обозначена зона глубоководных котловин

Характер сезонных миграций у *нерки* сходен с кетой. Миграция в западную часть Берингова моря начинается в июне, при этом преимущественно через Командорскую котловину. Биомасса на начальном этапе миграции оценена в 13 тыс. т. Пика миграции взрослая нерка достигала в сентябре – 116 тыс. т – и была массово распределена во всей глубоководной части с максимальными концентрациями в присваловых областях. В октябре биомасса нерки в западной части Берингова моря снижалась, характеризую

начало обратных миграций в океан. Покидает западную часть Берингова моря нерка, по-видимому, в ноябре-декабре, часть скоплений, вероятно, зимует в южной части Берингова моря.

С приведенными периодами пиковых биомасс в общем согласуются данные А.В. Бугаева [2015] по дрефтерным уловам указанных видов в Командорской котловине. Пиковые значения уловов кеты и нерки приходятся на III декаду июля, I декаду августа.

Молодь нерки первого морского года, в отличие от сеголеток кеты и горбуши, встречается в западной части моря как в осенний период, так и летом (рис. 5.1.6). По-видимому, это является отражением более длительной миграции в глубоководные районы двух сезонных форм. В летний и осенний периоды основные концентрации посткатадромной молоди нерки сосредоточены в присваловой области Карагинского залива. В августе данных по присваловой части Карагинского залива недостаточно, поэтому отсутствие молоди нерки в этот месяц можно игнорировать. Таким образом, в сезонных перераспределениях посткатадромной молоди нерки прослеживается выход в присваловую часть Карагинского залива с последующим разделением на два потока. Часть скоплений мигрирует в сторону Камчатского пролива и, вероятно, покидает акваторию Берингова моря. Другая часть скоплений смещается в северо-восточном направлении в Алеутскую котловину.

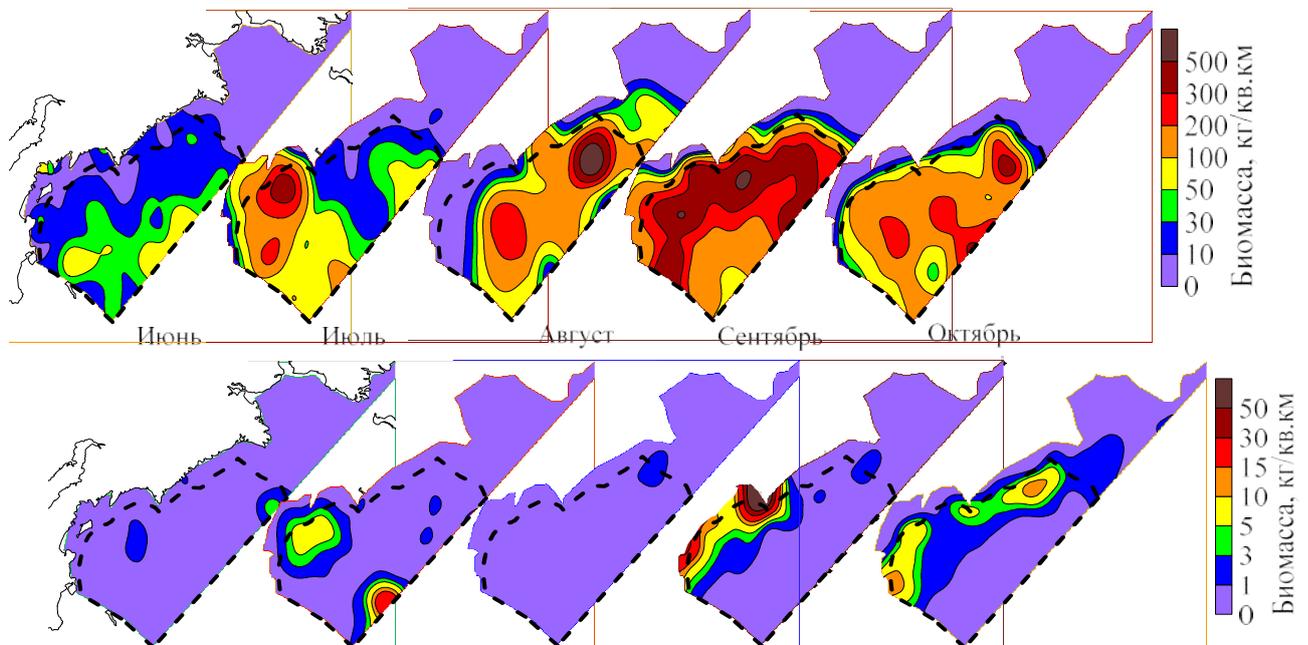


Рис. 5.1.6. Пространственное распределение нерки в западной части Берингова моря по месяцам: **вверху** – взрослые особи, **внизу** – молодь первого морского года. *Пунктиром* обозначена зона глубоководных котловин

Чавыча. Миграции нагульной чавычи в западную часть Берингова моря начинаются в июне. Основные скопления мигрируют из восточной части Берингова моря через Алеутскую котловину (рис. 5.1.7), биомасса в этот период находится на уровне 1,75 тыс. т. В августе чавыча максимально распространяется в западную часть Берингова моря, основные концентрации сосредоточены в глубоководных районах (36 тыс. т), в Алеутской котловине ее концентрации находились на уровне более 100 кг/км². В сентябре-октябре чавыча откочевывала в южную часть Берингова моря и Тихий океан. Согласно недавним популяционным исследованиям нагульной чавычи в Беринговом море, в смешанных нагульных скоплениях чавычи особи относятся преимущественно к аляскинским (реки Юкон, Нушагак, Кускоквим) и восточнокамчатским (реки Камчатка и Большая) стадам [Бугаев, 2007б].

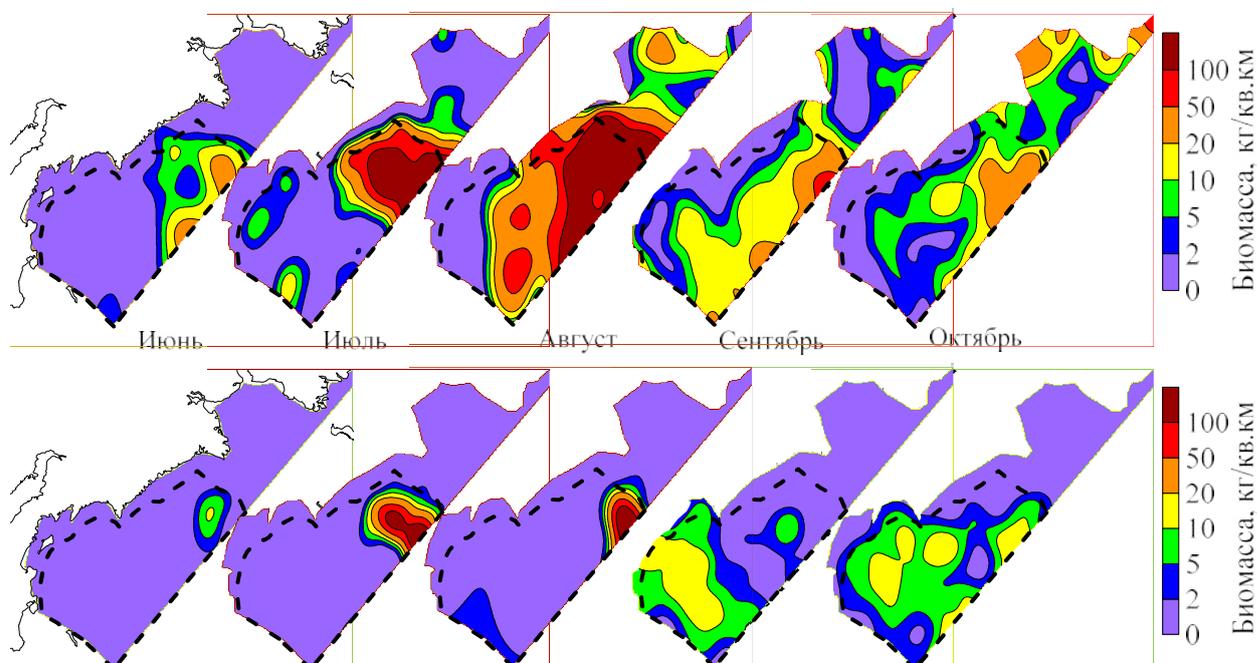


Рис. 5.1.7. Пространственное распределение чавычи в западной части Берингова моря по месяцам: **вверху** – взрослые особи, **внизу** – посткатадромная молодь. *Пунктиром* обозначена зона глубоководных котловин

Помимо взрослых нагульных особей старше одного морского года, в западную часть моря в июне-июле мигрировали также и мелкоразмерные особи, вероятно, *молодь* чавычи первого морского года аляскинских стад (рис. 5.1.7) [Murphy et al., 2017]. В осенний период контуры распределения посткатадромной молоди чавычи предполагают их принадлежность к восточнокамчатским стадам, так как наибольшие концентрации в сентябре приурочены к сваловой области Карагинского залива и южной части Командорской котловины. В октябре концентрации посткатадромной молоди чавычи снижались: заметна их откочевка из

шельфовых районов в глубоководную часть моря в северо-восточном и восточном направлениях – в южную и восточную части Берингова моря.

Горбуша. Сезонная динамика горбуши в западной части Берингова моря представлена двумя периодами ее массового присутствия в июне-июле и сентябре-октябре. В июне-июле половозрелая горбуша восточнокамчатских стад, которая зимует преимущественно к югу от Алеутской гряды совершает преднерестовые миграции в северо-западном направлении через Командорскую котловину. Интересно, что несмотря на то, что горбуша нерестится в Карагинском заливе, характер ее распределения в июне-июле показывает, что она далеко не вся идет напрямую в Карагинский залив. Преднерестовая горбуша образует довольно высокие концентрации (более $1,5 \text{ т/км}^2$) в водах к северо-востоку от мыса Олюторского (рис. 5.1.8). Вероятно, в дальнейшем половозрелые особи перемещаются вдоль берега в юго-западном направлении к нерестилищам Карагинского и Олюторского заливов. К концу июля нерестовый ход карагинской горбуши заканчивается, и в августе в уловах она не встречается.

С конца августа [Карпенко, 1998] молодь горбуши начинает выходить в открытые районы Берингова моря, а в сентябре (рис. 5.1.8) уже массово выходит в мористые районы Берингова моря. В зависимости от гидрологической ситуации она перемещается либо в северо-восточном, либо в восточном и юго-восточном направлениях. Анализ съемок по учету молоди за 2002–2020 гг. показал, что при меридиональном распределении изотерм сеголетки смещаются в юго-восточном направлении, при широтном распределении изотерм – в северо-восточном и восточном направлениях. В октябре сеголетки горбуши фактически полностью покидают прибрежные воды и рассредоточены в глубоководных котловинах. В ноябре процесс откочевки в приалеутские воды и в океан завершается, и к концу этого месяца в российских водах Берингова моря горбуши почти не остается. По мнению В.П. Шунтова [1989], переход осенью лососей в глубоководные районы является проявлением основополагающей жизненной стратегии, направленной на освоение огромных кормовых ресурсов океанской пелагиали. С учетом высокой толерантности лососей в отношении температуры конфигурация температурного оптимума в верхнем квазиоднородном слое (который осенью достигает 30–50 м) и его изменение в пространстве и времени определяют контуры пространственного распределения и перемещения сеголеток горбуши и кеты.

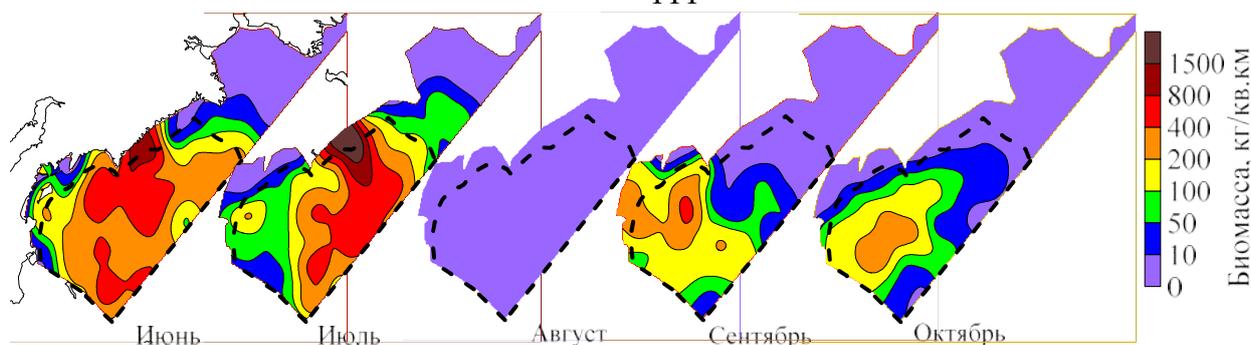


Рис. 5.1.8. Пространственное распределение горбуши в западной части Берингова моря по месяцам. Пунктиром обозначена зона глубоководных котловин

Кижуч. В траловых уловах в западной части Берингова моря кижуч начинает встречаться в июле в незначительных концентрациях ($2-5 \text{ кг/км}^2$) в юго-западной части Командорской котловины (рис. 5.1.9). В августе концентрации кижуча возрастают в Командорской котловине до величин более 20 кг/км^2 и он начинает отмечаться также в Алеутской котловине у границы экономической зоны РФ. Вероятно, эти приграничные скопления кижуча могут относиться к североамериканским стадам. В сентябре присутствие кижуча в западной части Берингова моря максимально, биомасса оценена на уровне 4,4 тыс. т. В октябре кижуч начинает активно откочевывать в южную часть моря и в тихоокеанские воды. Уровень обилия кижуча в Беринговом море превышает численность, которую могут дать стада Карагинского залива. Следовательно, смешанные скопления кижуча образованы стадами восточной Камчатки, Карагинского залива и Аляски.

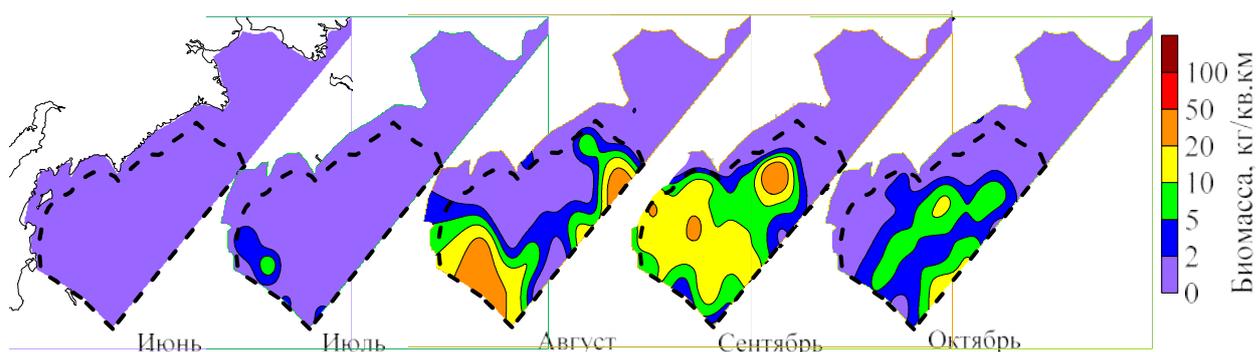


Рис. 5.1.9. Пространственное распределение кижуча в западной части Берингова моря по месяцам. Пунктиром обозначена зона глубоководных котловин

Таким образом, распространение тихоокеанских лососей в западной части Берингова моря подвержено значительной сезонной изменчивости. Сроки начала миграции в Берингово море (преднерестовые или нагульные миграции) или откочевки в океан (миграции из прибрежных районов в море и зимовальные миграции) различаются

у видов и возрастных групп. Миграция в российские воды проходит широким фронтом из сопредельных акваторий Берингова моря и Тихого океана напрямую через прол. Ближний. У нагульных лососей, которые проводят в море более одного года, миграция проходит эшелонировано по возрастам: сначала старшевозрастные особи, затем младшевозрастные [Заволокина, 2007; Заволокина, Заволокин, 2007; Шунтов, Темных, 2011], при этом основной путь миграции проходит через Алеутскую котловину. У горбуши миграция проходит преимущественно через Командорскую котловину к нерестовым водоёмам Карагинского залива. Характерно, что у всех видов лососей (сеголетки, молодь первого морского года, старшевозрастные нагульные особи) откочевка в Тихий океан происходит не через Камчатский пролив (по течению), а через центральную часть моря и в дальнейшем через проливы Алеутской гряды.

Различия в сроках и пиках присутствия в западной части Берингова моря разных видов и возрастных групп тихоокеанских лососей представлено на рис. 5.1.10.

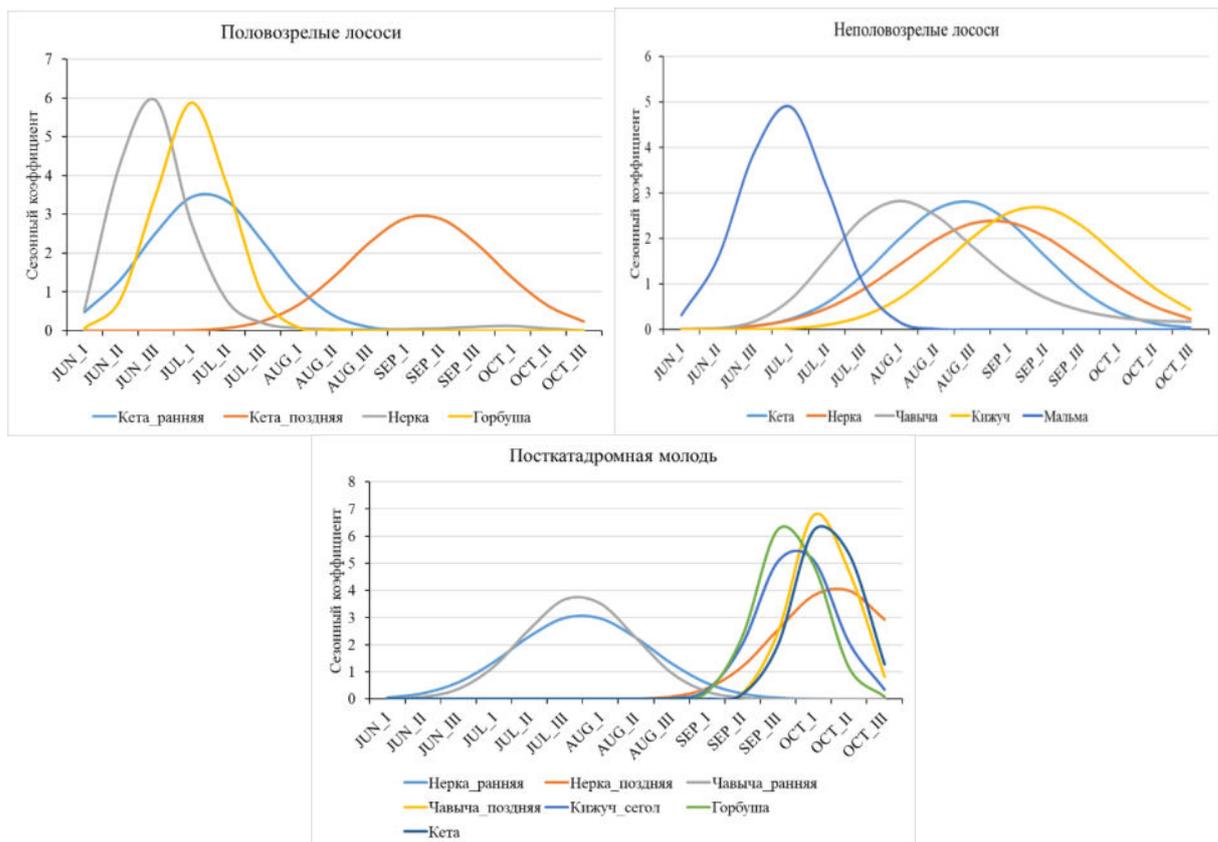


Рис. 5.1.10. Сезонная динамика коэффициентов обилия тихоокеанских лососей и мальмы в верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря

Мойва. В западной части Берингова моря сезонная динамика мойвы выражена в росте ее биомассы и распространении из прибрежных в мористые районы от начала лета к октябрю (рис. 5.1.11). В верхней эпипелагиали в июне мойва фактически не встречается в

уловах, а в июле-августе сосредоточивается преимущественно в северо-западной части Анадырского залива с концентрациями 100–200 кг/км². В последующие месяцы (сентябрь-октябрь) концентрации мойвы возрастают в северной части зал. Анадырь, к северо-западу от о. Св. Лаврентия и к югу от мыса Наварин. В областях максимальных концентраций в октябре плотность распределения мойвы превышала 1,5 т/км², а общая биомасса мойвы в АНР в октябре достигала 244 тыс. т (см. табл. 5.1.1). В октябре биомасса мойвы также значительно возрастает и в районе карагинско-корякского шельфа. Очевидно, что рост уловов мойвы к октябрю связан с ее нагульными миграциями и особенностями образования скоплений в различные месяцы, а именно сокращением площади холодного Лаврентьевского пятна в АНР и миграциями мойвы из восточной части моря.

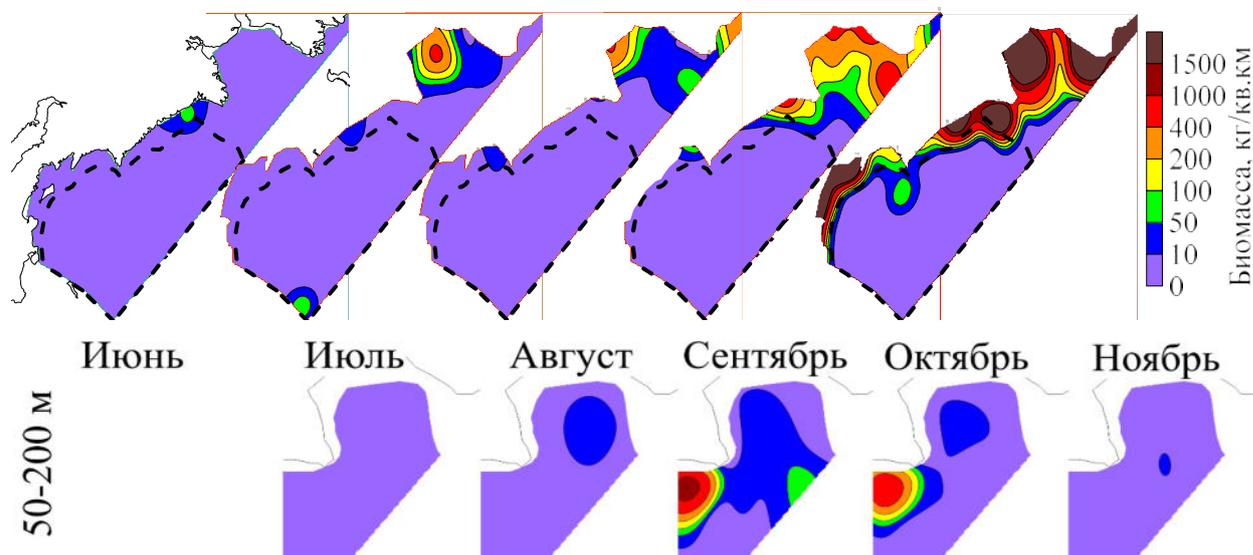


Рис. 5.1.11. Пространственное распределение мойвы в западной части Берингова моря по месяцам: **вверху** – слой верхней эпипелагиали (0–50 м), **внизу** – нижней эпипелагиали в АНР (50–200 м). *Пунктиром* обозначена зона глубоководных котловин

Прочие виды. Выраженная сезонная динамика других видов, которые встречаются в уловах, указывает на то, что биотоп верхней эпипелагиали западной части Берингова моря также является для них зоной временного пребывания. Например, для кальмаров и мезопелагических рыб характерно последовательное распространение в глубоководные котловины западной части Берингова моря из Тихого океана и юго-восточной части Берингова моря начиная с раннелетнего периода (рис. 5.1.12–5.1.18), так как основные их концентрации в этот период сосредоточены у границы ИЭЗ РФ в юго-восточной части полигона работ. Как и массовые нагульные виды, мезопелагические рыбы и кальмары достигают пика своего обилия в сентябре-октябре. В этот период они распространены по всей акватории глубоководных котловин, а максимальные

концентрации, как правило, приурочены к присваловым областям. В анадырском районе мезопелагические рыбы и кальмары фактически не встречаются, а на карагинско-корякский шельф могут быть вынесены течениями.

Особенно ярко приуроченность к присваловым областям видна на примере светлоперого стенобраха, уловы которого в октябре наиболее заметны в районе корякского свала глубин и хребта Ширшова. Приуроченность к присваловым областям, вероятно, объясняется наличием в данной зоне шельфовых фронтов, которые способствуют накоплению и удержанию кормового зоопланктона.

Концентрирование стенобраха в присваловых районах подтверждают исследования в мезопелагиали Берингова моря, где его биомасса на 1–2 порядка превышает таковую в верхней эпипелагиали [Radchenko, 2007] – более 6 млн т. При этом в Беринговом море отсутствует нерест светлоперого стенобраха [Радченко, 1994; Баланов, 1995]. Для поддержания такого значительного уровня численности при отсутствии нереста необходим постоянный и массовый перенос молоди из сопредельных акваторий, где происходит нерест данного вида – в северо-восточной части Тихого океана, в частности, из приалеутских вод и зал. Аляска, где в ходе зимне-весенних съемок 2019–2020 гг. были обнаружены значительные концентрации молоди светлоперого стенобраха [Радченко и др., 2021].

Наиболее массовый вид среди головоногих – северный кальмар. Его концентрации в западной части Берингова моря увеличивались с июня (85 тыс. т) к октябрю (272 тыс. т) (см. табл. 5.1.2). Увеличение биомассы от лета к осени очевидно обусловлено как миграциями северного кальмара в западной части Берингова моря (ЗЧБМ), так и его соматическим ростом [Сомов, 2014]. Так, в конце октября этот вид доминировал по биомассе в нектоне. Как уже отмечено ранее, данный вид является активным вертикальным мигрантом [Watanabe et al., 2006] и при ночных тралениях в верхней эпипелагиали учитывается большая часть всех мигрирующих особей [Свиридов и др., 2007], однако доля особей, которые при вертикальных миграциях находятся ниже горизонта облова трала, также существенна.

В отличие от северного кальмара, камчатский не совершает активных вертикальных миграций, а даже наоборот, его дневные концентрации в эпипелагиали выше, чем ночные [Nesis, Nikitina, 1995; Nesis, 1997]. Средняя масса тела от раннелетнего периода к концу осени возрастает от 5 до 23 г, что связано с ростом

молоди. Таким образом, в раннелетний период молодь камчатского кальмара выносятся с нерестилищ в глубоководные котловины, достигая максимума биомассы в конце июля – начале августа – на уровне 21–34 тыс. т. В дальнейшем наблюдается снижение биомассы в верхних слоях за счет активного потребления хищниками [Радченко, 1992], а также онтогенетическими миграциями подросшей молодежи в более глубокие слои [Roper, Young, 1975; Bower, Tagaki, 2004; Katugin, Zuev, 2007], и в октябре биомасса камчатского кальмара находится на уровне 3 тыс. т (табл. 5.1.2).

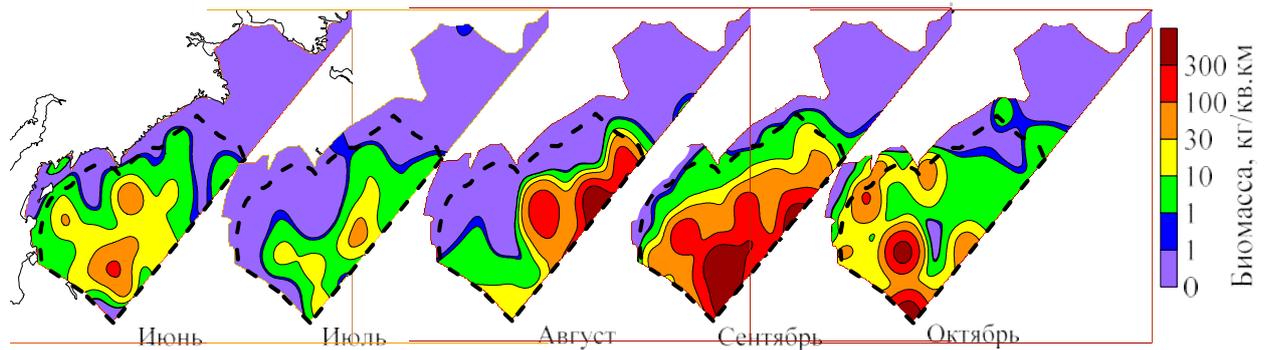


Рис. 5.1.12. Пространственное распределение молодежи северного одноперого терпуга в западной части Берингова моря по месяцам. Пунктиром обозначена зона глубоководных котловин

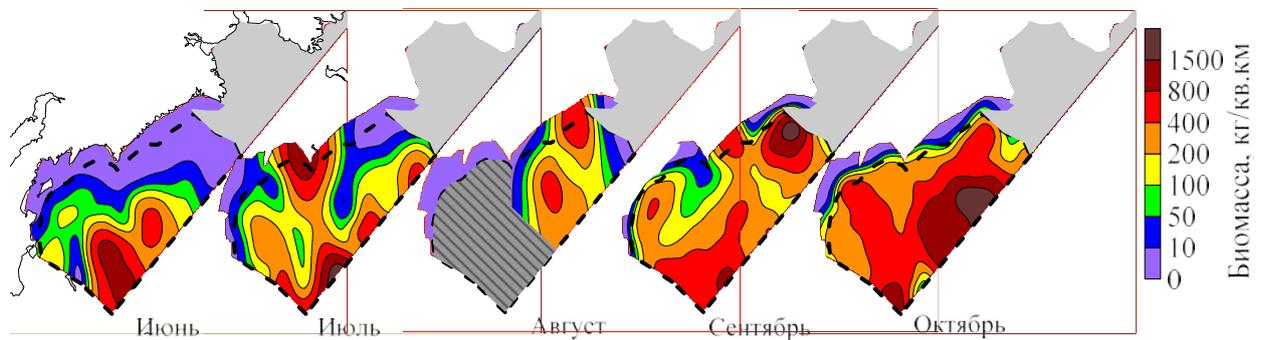


Рис. 5.1.13. Пространственное распределение северного кальмара в западной части Берингова моря по месяцам. Пунктиром обозначена зона глубоководных котловин

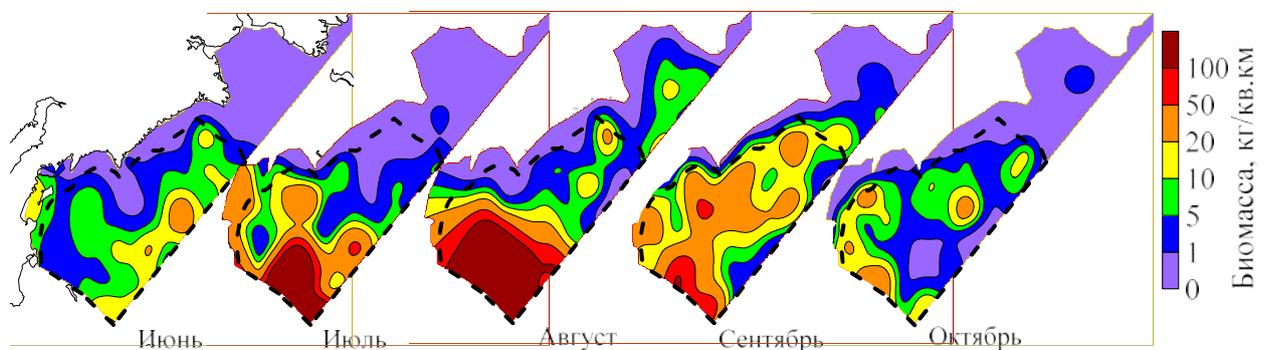


Рис. 5.1.14. Пространственное распределение камчатского гонатописа в западной части Берингова моря по месяцам. Пунктиром обозначена зона глубоководных котловин

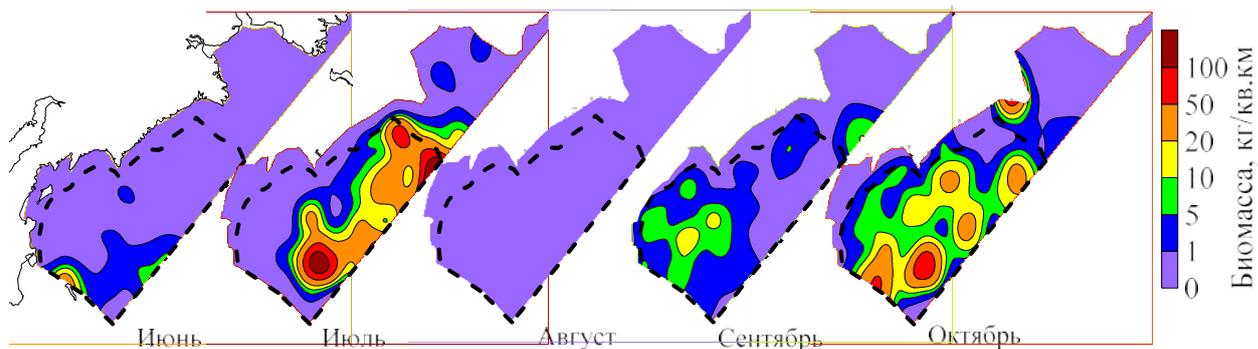


Рис. 5.1.15. Пространственное распределение молоди гонатид в западной части Берингова моря по месяцам. *Пунктиром* обозначена зона глубоководных котловин

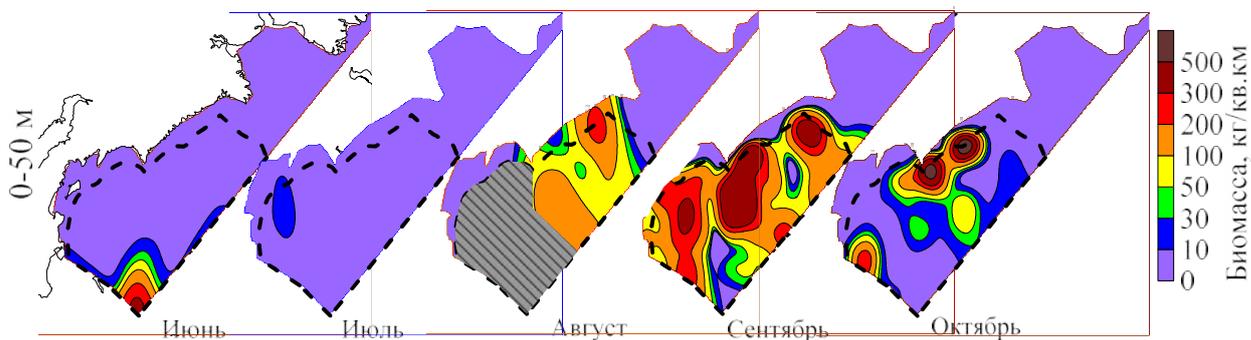


Рис. 5.1.16. Пространственное распределение светлоперого стенобраха в западной части Берингова моря по месяцам. *Пунктиром* обозначена зона глубоководных котловин

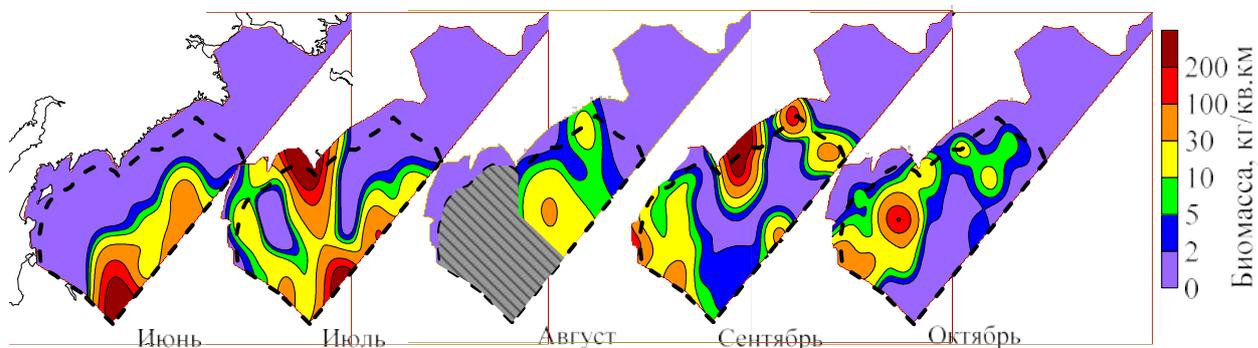


Рис. 5.1.17. Пространственное распределение серебрянки в западной части Берингова моря по месяцам. *Пунктиром* обозначена зона глубоководных котловин

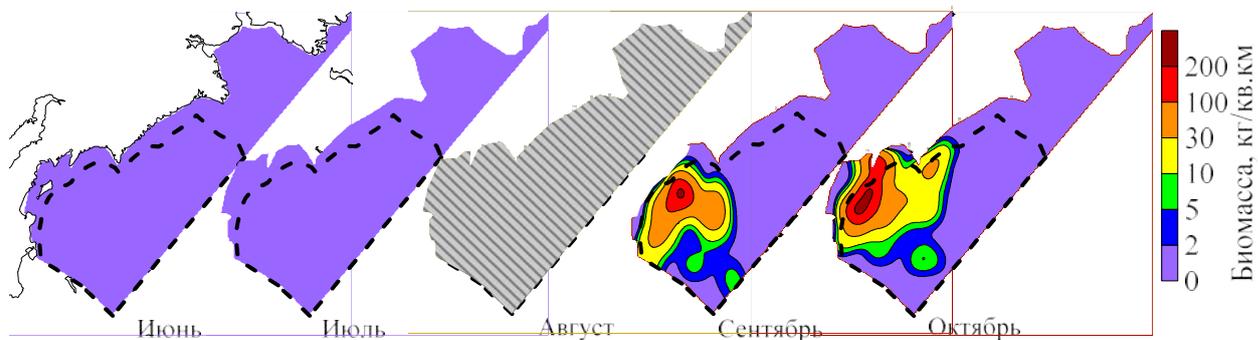


Рис. 5.1.18. Пространственное распределение трёхиглой колюшки в западной части Берингова моря по месяцам. *Пунктиром* обозначена зона глубоководных котловин

Также в верхней эпипелагиали западной части Берингова моря обильно представлены молодь различных донных видов рыб. Основные их концентрации приурочены к шельфовым областям, но в течение летне-осеннего периода они транспортируются и в глубоководные районы (рис. 5.1.19). Плотность концентрации молоди донных видов рыб в районе шельфа в сентябре-октябре находится на уровне 10–20 кг/км², в глубоководных областях – 1–5 кг/км².

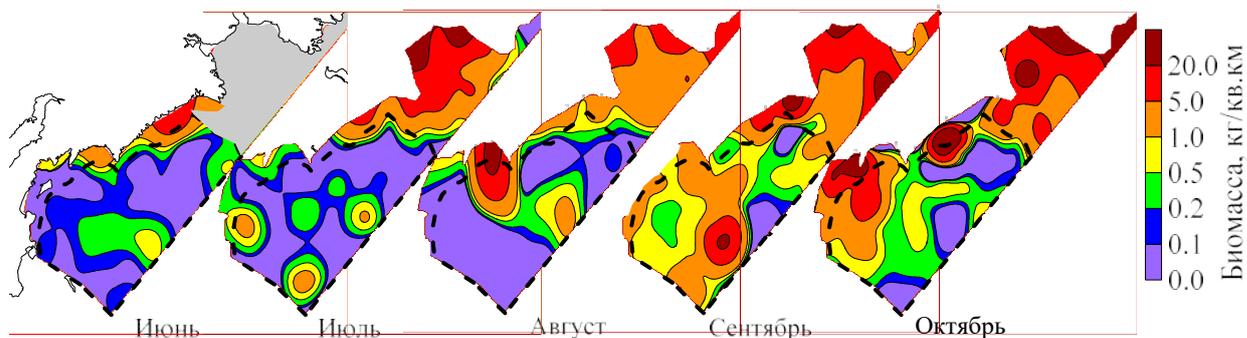


Рис. 5.1.19. Пространственное распределение молоди донных рыб в западной части Берингова моря по месяцам. Пунктиром обозначена зона глубоководных котловин

Особняком стоит молодь северного одноперого терпуга (см. рис. 5.1.12). Распространение данного вида в западную часть Берингова моря происходит не с шельфовых районов, а из сопредельных акваторий в восточной части Берингова моря. Нерестилища этого вида сосредоточены преимущественно у Алеутских островов [Мельников, Ефимкин, 2003], и в годы урожайных поколений молодь этого вида массово присутствует в верхней эпипелагиали глубоководных районов. Пика обилия молодь северного одноперого терпуга достигает в сентябре.

5.2 Сезонные изменения видовой структуры и разнообразия nekтона

Различия в сроках и масштабах миграции разных видов nekтона в эпипелагиаль западной части Берингова моря определяют изменения в видовой структуре nekтона на протяжении летне-осеннего периода.

В глубоководных котловинах характерные изменения в видовой структуре nekтона можно выделить пятью характерными периодами [Сомов, 2017а, б, 2018].

Весна (май): биомасса nekтона в верхней эпипелагиали не превышает 0,3 т/км², основу которой слагает авангардная преднерестовая горбуша, нагульная и половозрелая кета, в том числе донагуливающиеся рыбы, но не нерестящиеся в Беринговом море [Заволокина, Заволокин, 2007] (рис. 5.2.1). Видовое разнообразие низкое.

Раннелетний период (июнь-вторая декада июля): биомасса нектона возрастает до 0,9–1,1 т/км². Половозрелая горбуша в массе мигрирует к нерестовым районам и в течение раннелетнего периода занимает наибольшую долю по биомассе в Командорской котловине, через которую проходит основной миграционный поток.

Кета начинает в массе смещаться в западную часть Берингова моря преимущественно через Алеутскую котловину, где она и доминирует по биомассе. Доля половозрелых и донагуливающих рыб составляет не менее 50 %, а в прибрежных районах преобладает [Заволокина, Заволокин, 2007]. Среди нагульной кеты в раннелетний период мигрируют наиболее крупные особи возраста 3+. Помимо кеты, отмечается основной ход половозрелой нерки, но ее доля в нектоне крайне низка, начало миграции нагульной нерки в район исследований находится на начальной стадии (рис. 5.2.1). Чавыча и мальма в невысоких концентрациях отмечаются в северо-восточной части Алеутской котловины.

Существенную долю в нектоне, кроме тихоокеанских лососей, занимает северный кальмар, повышенные концентрации которого встречаются вдоль мористых границ районов. В присваловых областях, примыкающих к Карагинскому и Олюторскому заливам, в этот период в верхней эпипелагиали встречается сельдь, которая частично из шельфовых областей выходит в присваловые районы.

Летний период (третья декада июля – первая декада сентября): характерной особенностью этого периода является практически полное отсутствие половозрелых особей тихоокеанских лососей в уловах, так как преданадромные миграции горбуши и других видов фактически завершаются. В конце августа – начале сентября в районе Карагинского и Олюторского заливов начинают встречаться сеголетки горбуши и кеты. В глубоководных районах наблюдаются только неполовозрелые нагульные особи кеты, нерки и чавычи возраста 1+...3+ [Бугаев, 2007а, б; Заволокина, Заволокин, 2007]. Биомасса нектона находится на уровне 1,4–1,6 т/км² с максимальными концентрациями в Алеутской котловине (2,0–2,5 т/км²). На долю нагульной кеты приходится около 50 % биомассы, нерки – 11 %, северного кальмара – 18 %. Видовое разнообразие выше, чем в раннелетний период, многие виды достигают пика своей миграции и биомассы в западной части моря.

Ранняя осень (вторая декада сентября – октябрь): биомасса нектона находится на уровне 1,5–1,7 т/км². К этому периоду неполовозрелая кета начинает постепенно

откочевывать из западной части Берингова моря, а нагульная нерка достигает пика биомассы. На первые же позиции по биомассе выходит северный кальмар, более заметную долю имеют и мезопелагические рыбы. Наиболее же характерной особенностью данного периода является массовое освоение глубоководных районов моря сеголетками горбуши и кеты и в меньшей степени молодь нерки и чавычи первого морского года жизни. В среднемноголетнем аспекте их доля в нектоне не превышает 10 %, однако в отдельные годы урожайного ската молоди горбуши (2008, 2010, 2018, 2020) ее доля по биомассе в нектоне существенно выше – на уровне 40–60 %.

Также в осенний период в годы с благоприятной океанологической обстановкой (заток теплых океанических вод) в Командорскую котловину проникают краевые части скоплений пелагических видов южно-бореального и субтропического комплексов [Глебов и др., 2010]: сайры, японского анчоуса, японского морского леща, крючьеносного кальмара и др. Согласно литературным данным [Савиных, 1994; Байталюк, Давыдова, 2002; Глебов и др., 2010], их миграции проходят через прол. Ближний, но, вероятно, могут проходить и из южной части Берингова моря за пределами ИЭЗ РФ. Основные же концентрации субтропических мигрантов находятся с тихоокеанской стороны Командорских и Алеутских островов.

В 2018 г. впервые за долгие годы наблюдений в Командорской котловине были обнаружены скопления сардины иваси, которая в настоящее время находится на этапе новой волны численности после продолжительного периода (с начала 1990-х гг.) низкой численности и сокращенного нагульного ареала [Шунтов, Иванов, 2019]. Видовое разнообразие нектона в этот период максимально.

Миграции южных мигрантов проходят по водам западной части субарктического круговорота [Favorite et al., 1977] с Алеутским течением из северо-восточной части Тихого океана, а также с прямым подтоком вод с юга в район прол. Ближнего [Савиных, 1994; Байталюк, Давыдова, 2002; Глебов и др., 2010].

Поздняя осень (ноябрь): в ноябре биомасса нектона в западной части Берингова моря значительно снижается. Если в первой декаде ноября биомасса нектона находилась на уровне $0,8 \text{ т/км}^2$, то в конце ноября только $0,2 \text{ т/км}^2$. Вследствие активного выхолаживания вод тихоокеанские лососи покидают западную часть Берингова моря, исключение составляет нерка, которая покидает Берингово море позднее других видов, а часть особей может зимовать в южной части моря. Также крупная чавыча может

находиться зимой в придонных слоях у края северного шельфа и свала глубин, в том числе и у мыса Наварин. Доля северного кальмара в нектоне возрастает до 60–70 %.

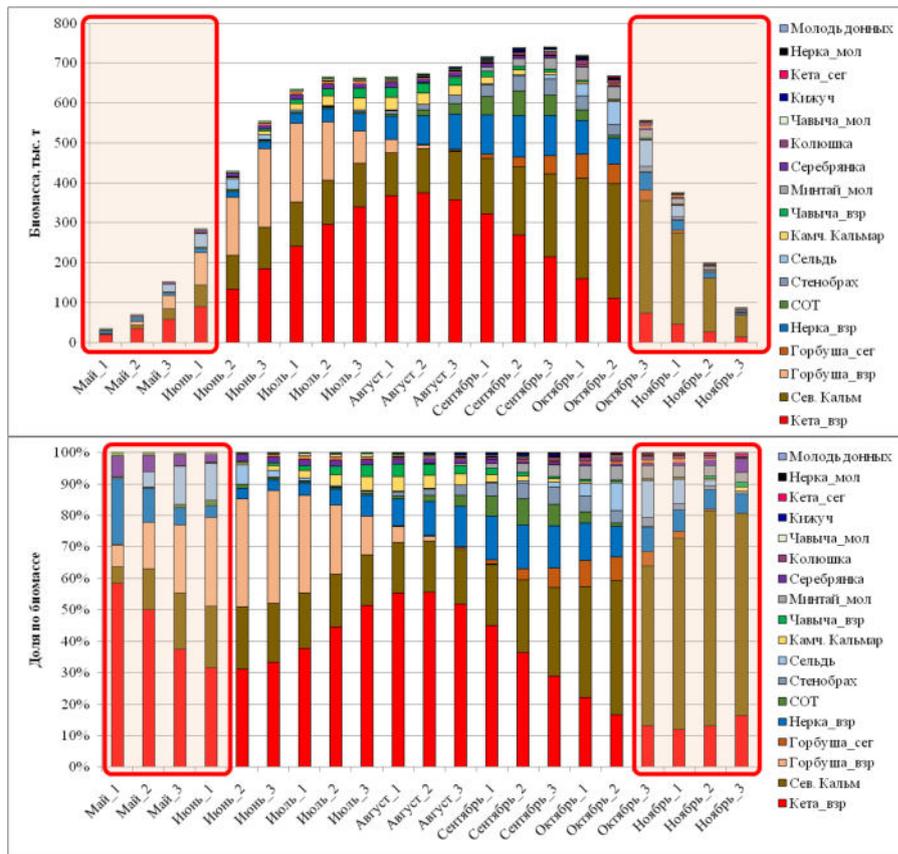


Рис. 5.2.1. Сезонная динамика биомассы нектона в верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря по десятидневным периодам (аппроксимированные данные). Выделены периоды, для которых нет данных фактических наблюдений. *COT* – молодежь северного одноперого терпуга

В анадырско-наваринском районе сезонная динамика нектона в связи с меньшим количеством массовых видов в эпипелагиали выглядит более упрощенно (рис. 5.2.2). Во все сезоны в нектоне доминирует минтай, доля остальных видов суммарно не превышает 10 %.

Весной (май – вторая декада июня): биомасса нектона находится на уровне 0,8–2,4 т/км², на долю взрослого минтая приходится более 99 % биомассы нектона. Очевидно, что в этот период минтай начинает мигрировать из восточной части моря.

Летом (третья декада июня – август): биомасса нектона возрастает до 3–10 т/км² из-за интенсификации миграций восточноберингоморского минтая, а также нагульных миграций кеты из районов глубоководных котловин и сельди из вод восточноберингоморского шельфа. Также, помимо взрослого минтая, в нектоне начинают отмечаться и его сеголетки, пассивно переносимые с нерестилищ.

Ранней осенью (сентябрь-октябрь): миграции взрослого минтая и сеголеток достигают пика. Биомасса nekтона находится на уровне 10–14 т/км², на долю взрослого минтая приходится 46–54 %, а молоди – 31–44 %. Доля нагульной сельди достигает 3–9 %. Кета к этому периоду уже почти полностью покидает АНР, а доля мойвы, наоборот, возрастает: к концу октября ее доля достигает 2–3 %.

Поздней осенью (ноябрь): минтай начинает откочевывать из АНР, хотя по-прежнему доминирует в nekтоне. Биомасса nekтона к концу ноября составляет около 5 т/км².

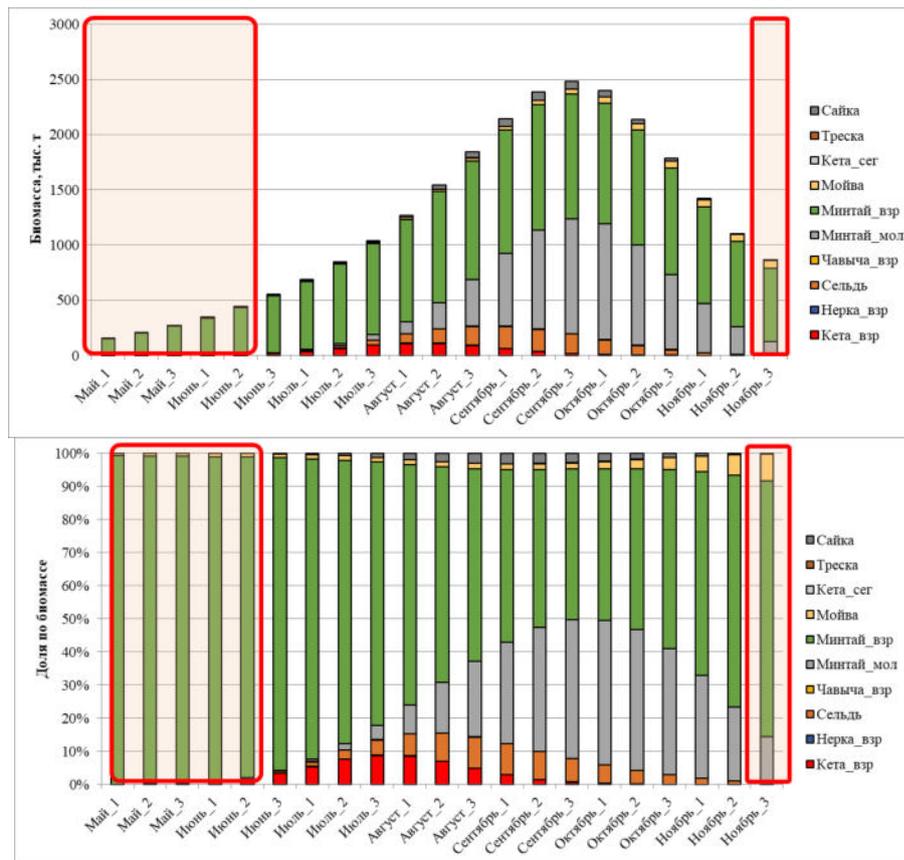


Рис. 5.2.2. Сезонная динамика биомассы nekтона в эпипелагиали анадырско-наваринского района западной части Берингова моря по десятидневным периодам (аппроксимированные данные). Выделены периоды, для которых нет данных фактических наблюдений

Таким образом, в динамике видовой структуры в западной части Берингова моря выделяется несколько периодов: весенний, раннелетний, летний, ранне- и позднеосенний. Каждый из этих периодов характеризуется особенностями видового состава доминирующей группы. В глубоководных районах видовая структура изменяется от бидоминантного типа в весенний и раннелетний периоды к полидоминантному в летний и раннеосенний периоды [Сомов, 2015в, 2017а, б, 2018]. Поздней осенью видовая структура приобретает олигодоминантный тип. 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 %.

Сезонные изменения в нектонном сообществе проявляются в эпипелагиали западной части Берингова моря весьма чётко. Эти изменения касаются как тотальной биомассы, которая у массовых видов достигает максимума в конце лета – осенью, так и в 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 как особенности сезонных перестроек в океанологическом режиме, так и численность самих мигрантов. Основными океанологическими событиями следует считать, а) таяние льдов, определяющее начало интенсивного развития фитопланктона; б) формирование сезонного термоклина, изменяющее структуру эпипелагиали; в) осеннее разрушение термоклина в результате выхолаживания; г) льдообразование, преимущественно в шельфовых районах. Например, в годы с суровой зимой Лаврентьевское пятно холода имеет широкое развитие и может существенно препятствовать проникновению минтая в АНР даже в годы его высокой численности или же сместить сроки начала миграции. Наоборот, в теплые годы с мягкой зимой и слабым развитием ЛПХ миграции минтая в АНР могут начаться раньше.

В то же время в годы проникновения сардины иваси в южную часть моря (2018 и 2021) температурный фон аномально не отличался от многолетнего ряда наблюдений в этот период. Очевидно, что проникновение сардины в Берингово море обусловлено плотностным фактором вследствие увеличения масштабов нагульных миграций этого вида в прикурильские и прикамчатские воды Тихого океана [Шунтов, Иванов, 2019, 2021].

В настоящей работе представлена усредненная картина сезонных изменений в нектоне за весь период наблюдений (1997–2019 гг.), при этом стоит учитывать, что *в каждый конкретный год ситуация может отличаться от среднемноголетних значений как в масштабах, так и в сроках миграции в АНР*. Первое большей частью зависит от численности всей популяции (например, минтай в восточной части Берингова моря), сроки миграции также зависят от плотностного фактора, но немаловажное

значение имеют и отклонения в сезонном ходе гидрологических характеристик. В теплые года с относительно мягкой зимой и меньшей степенью льдообразования миграции в АНР начинаются раньше среднееголетних сроков. В случае холодного года с суровой зимой и значительной площадью, покрытой льдом, миграции в АНР могут начаться с запозданием относительно нормы.

Глава 6 Трофическая структура nekтона эпипелагиали анадырско-наваринского района

В предыдущих главах было показано, что анадырско-наваринский район (АНР) является одним из наиболее высокопродуктивных районов Берингова моря [Маркина, Хен, 1990; Сапожников, 1994; Шунтов, Дулепова, 1995; Шунтов, 2001; Дулепова, 2002, 2005, 2016]. Биомасса nekтона в эпипелагиали данного района максимальна для всей западной части Берингова моря, что обеспечивается массовыми миграциями минтая, сельди и кеты.

Океанологическая обстановка в этом районе способствует не только обильному продуцированию кормовых планктонных ресурсов, но и их транспорту и накоплению [Springer, McRoy 1993; Springer et al., 1996; Шунтов 2001, 2016а; Волков, 2012а, б], что и определяет массовые миграции nekтона на северо-западный шельф. Выводы о благоприятных условиях нагула массовых промысловых видов рыб в пределах АНР подтверждаются многолетними исследованиями [Волков, 1988; Волков, Ефимкин, 1990; Дулепова, 1993; Шунтов и др., 1993; Волков и др., 2007; Шунтов, 2017]. Однако до сих пор в некоторых публикациях [Степаненко, Грицай, 2013, 2016; Зуенко, Басюк, 2017] высказываются мнения о том, что в отдельные годы в данном районе отмечаются низкие запасы зоопланктона и недостаточная пищевая обеспеченность рыб, в частности минтая. Напряженность в доступности пищи при этом определяет масштаб миграции минтая и более ранние сроки его откочевки из АНР.

Вследствие выраженной миграционной активности различных пелагических видов nekтона акватория северо-западной части Берингова моря очень динамична в сезонном аспекте. При этом АНР является важнейшим районом промысла российских рыбаков в Беринговом море. Вылов минтая в северо-западной части Берингова моря составляет около 65 % всего минтая, добываемого в Беринговом море российскими рыбаками [Грицай, 2006].

В отдельные годы отмечались ситуации, когда минтай начинал откочевывать из АНР раньше обычного, и есть мнение, что ранняя обратная миграция обусловлена снижением кормовых ресурсов [Степаненко, Грицай, 2013, 2016], однако данные о

запасах зоопланктона и интенсивности питания предполагают благоприятную обстановку для нагула минтая в плане кормовых ресурсов даже в конце осени [Шунтов 2017]. Кроме минтая, в данном районе заметную роль в трофической структуре нектонного сообщества играют сельдь, тихоокеанские лососи, мойва, сайка, обилие которых, а также потребление ими кормовых ресурсов в течение летне-осеннего периода меняются довольно значительно. В связи с этим изучение условий нагула, сезонных изменений структуры нектонного сообщества, использования рыбами и кальмарами кормовых ресурсов и их пищевой обеспеченности является актуальным.

Количественные оценки и численные сопоставления запасов кормовых ресурсов с объемами их потребления нектоном позволяют аргументированно судить о пищевой обеспеченности массовых видов рыб, в том числе и промысловых, во время нагула в пределах анадырско-наваринского района

Подобные работы для различных районов Берингова моря проводились и ранее. В частности, была сделана попытка смоделировать экосистему Берингова моря западного и восточного шельфа на основе модели Ecospath [Aydin et al., 2002; Aydin, Livingston, 2003], где акватория АНР рассматривалась в составе всего шельфа западной части Берингова моря. С помощью пакета программы Ecospath был также проведен сравнительный анализ трофической структуры сообщества верхней эпипелагиали при разном уровне численности тихоокеанских лососей [Заволокин и др., 2014]. Для западной части Берингова моря сделаны расчеты объемов потребления кормовых ресурсов отдельными видами и группами нектона и выявлена их роль в трофической структуре эпипелагиали в летне-осенний период в разные годы [Найденко, 2007; Волков 2016а, б; Naydenko, Somov, 2019]. Для всей акватории западной части Берингова моря были проведены расчеты межгодовой динамики продукционных показателей зоопланктона [Дулепова, 2014, 2016].

Среди всего многообразия рассмотренных аспектов сезонная трофодинамика нектонных сообществ эпипелагиали Берингова моря освещена в литературе недостаточно. Так, подобная работа была выполнена только для верхней эпипелагиали беринговоморских глубоководных котловин [Naydenko, Somov, 2019]. Настоящая глава является продолжением исследований функционирования морских сообществ Берингова моря и, в частности, касается сезонных изменений, происходящих в составе и обилии кормовой базы и пищевой обеспеченности нектона в эпипелагиали мелководной северо-западной части Берингова моря – анадырско-наваринском районе.

6.1 Сезонная динамика кормовой базы nekтона

Основу кормовой базы пелагического nekтона составляет крупноразмерный зоопланктон [Чучукало, 2006; Волков, 2014, 2015а, 2016а, б]. От его состава, обилия и доступности зависит успешность нагула промысловых видов рыб. Как было показано в предыдущих главах, количество и пространственное распределение массовых видов рыб, нагуливаемых в пределах анадырско-наваринского района, в течение летне-осеннего периода существенно меняются. Запасы и распределение кормового зоопланктона в течение лета и осени также не являются величиной постоянной. Сезонные изменения общей биомассы планктона в эпипелагиали выражены довольно четко и обусловлены фенологическими сроками в сезонном цикле развития отдельных его видов и групп. По многолетним данным биомасса крупной фракции зоопланктона в районе исследований от июня к октябрю-ноябрю увеличивается почти в 2,0 раза за счет увеличения обилия главным образом щетинкочелюстных и эвфаузиид (табл. 6.1.1, рис. 6.1.1). Биомасса наиболее массовой группы зоопланктона – копепод, – напротив, снижается в среднем в 1,4 раза, биомасса амфипод летом возрастает, а затем к октябрю снижается, достигая уровня раннего лета.

Таблица 6.1.1

Биомасса основных групп кормового зоопланктона в эпипелагиали (0–200 м) северо-западного шельфа Берингова моря. Данные: база по сетному зоопланктону ТИНРО [Волвенко, 2016; Сетной зоопланктон..., 2016; Шунтов, Волвенко, 2017]

Месяц	Крупная фракция	<i>Chaetognata</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Euphausiidae</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Coelenterata</i>	<i>Pteropoda</i>
Биомасса, млн т							
Июнь	8,5	2,1	5,1	0,5	0,63	0,095	0,04
Июль	10,8	2,0	4,3	2,3	2,1	0,15	0,038
Август	11,6	2,3	4	3,5	1,3	0,54	0,037
Сентябрь	15,7	3,7	5,5	4,8	1,2	0,4	0,065
Октябрь	15,5	3,7	3,9	6,7	0,65	0,43	0,092
Р/В (годовой)		6*	9,5*	3,1*	1,5**	5*	3*
Месячная продукция, млн т							
Июнь	5,4	1,1	4	0,14	0,08	0,04	0,01
Июль	5,3	1,0	3,4	0,6	0,26	0,06	0,01
Август	5,6	1,2	3,2	0,9	0,16	0,22	0,009
Сентябрь	7,8	1,9	4,3	1,2	0,15	0,17	0,016
Октябрь	7,0	1,8	3,1	1,7	0,082	0,18	0,023

* Данные Audin с соавт. [2002].

** Данные Е.П. Дулеповой [1991].

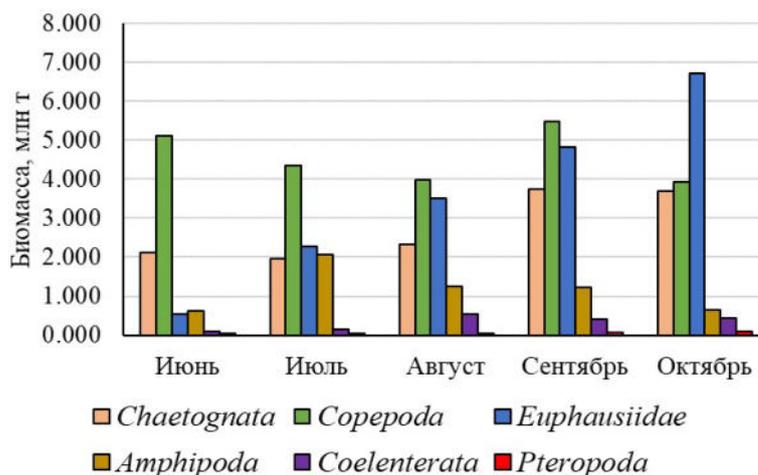


Рис. 6.1.1. Сезонная динамика биомассы основных групп зоопланктона крупной фракции в эпипелагиали северо-западного шельфа Берингова моря

Существенная доля зоопланктона в районе северо-западного шельфа имеет аллохтонное происхождение. Это наглядно видно на рисунках пространственного распределения основных групп зоопланктона по месяцам (рис. 6.1.2). При анализе карт распределения зоопланктона можно заметить, что повышенные концентрации фактически всех таксономических групп отмечаются не только у границы ИЭЗ РФ и присваловой области наваринского шельфа, но и в северной части Анадырского залива. При этом зачастую концентрации зоопланктона в этих районах выше. Вероятно, это могут быть центры механического накопления зоопланктона.

Суммарная продукция основных групп зоопланктона в летние месяцы оценена в 5,3–5,6 млн т, а в осенние – в 7,0–7,8 млн т (табл. 6.1.1). Основную часть продукции зоопланктона формировали копеподы, щетинкочелюстные и эвфаузииды. Месячная продукция копепод летом и осенью находилась на уровне 3–4 млн т. При этом продукция отдельных видов веслоногих рачков в течение летне-осеннего периода изменялась весьма значительно. У таких видов, как *Neocalanus plumchrus*, *N. cristatus* и *Metridia pacifica*, она снижалась от начала лета к осени, в то время как продукция *Calanus glacialis* от лета к осени увеличивалась. Месячная продукция щетинкочелюстных летом оценена в 1,0–1,2 млн т, а осенью в 1,8–1,9 млн т. У эвфаузиид месячная продукция в начале лета (июнь-июль) была невысокой, составляя всего 0,14–0,60 млн т, но с конца лета и особенно осенью она увеличивалась до 0,9–1,7 млн т. Продукция остальных групп зоопланктона была существенно ниже: у амфипод она изменялась от 0,08 до 0,26 млн т, у желетелых (также важного компонента в питании nekтона) даже максимальная величина в августе не превышала 0,22 млн т, а у птеропод была на уровне всего 0,01–0,02 млн т.

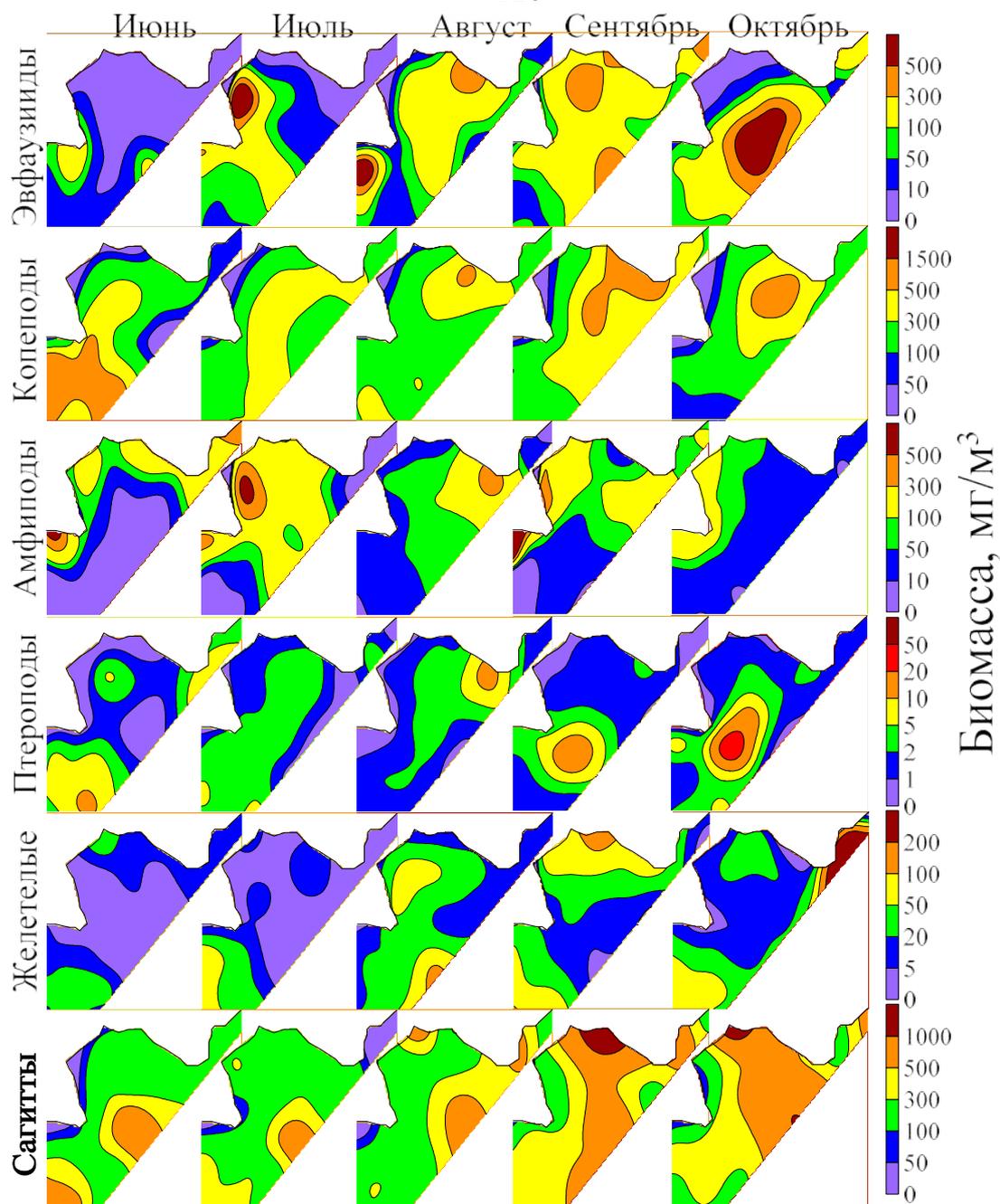


Рис. 6.1.2. Сезонные изменения пространственного распределения биомассы основных групп зоопланктона крупной фракции в андырско-наваринском районе Берингова моря

Таким образом, запасы зоопланктона, которые являются потенциальными кормовыми ресурсами nektonных видов, довольно значительны и составляют в АНР летом в среднем 10,3 млн т и осенью – 15,6 млн т. Данные значения фактически соответствуют расчетам по запасам зоопланктона в АНР, выполненным А.Ф. Волковым [20156], – 13,8 млн т для летне-осеннего периода. Продукция зоопланктона в АНР летом составляет 16,3 млн т, осенью – 14,8 млн т (сентябрь и октябрь).

6.2 Трофика. Использование кормовой базы

В данном разделе приводится анализ нагрузки на кормовую базу в АНР в сезонном аспекте по двум показателям:

- Н/З-коэффициент – соотношение биомассы потребителей и кормовой базы, т.е. нектона и зоопланктона крупной фракции (табл. 6.2.1). Данный показатель особенно полезен для анализа трофической нагрузки в пространстве и для выявления зон наибольшей нагрузки на кормовые ресурсы;
- коэффициент использования кормовых ресурсов – количественная мера, оценивающая тотальное потребление кормовых ресурсов на единицу площади и отношение потребления к продукции кормовой базы.

Таблица 6.2.1

Соотношение биомассы нектона и биомассы основных групп зоопланктона крупной фракции в северо-западной части Берингова моря. Таблица составлена по данным табл. 5.1.1 и 6.1.1

Месяц	Крупная фракция	Без хетогнат	Копеподы	Эвфаузииды	Амфиподы	Желетелые	Птероподы
Июнь	0,05	0,07	0,09	0,88	0,74	4,89	11,67
Июль	0,08	0,10	0,20	0,37	0,41	5,75	22,04
Август	0,09	0,12	0,27	0,30	0,84	1,97	28,47
Сентябрь	0,14	0,20	0,42	0,47	1,87	5,68	34,83
Октябрь	0,11	0,14	0,42	0,25	2,51	3,79	17,93

Соотношение биомассы нектона-зоопланктона крупной фракции в течение летне-осеннего периода в АНР изменялось от 5 % в июне до 14 % в сентябре с последующим снижением до 11 % в октябре. Если из расчета убрать хищный зоопланктон, основной компонент которого щетинкочелюстные (хетогнаты), играющие роль второстепенной и резервной пищи у многих организмов вследствие своей низкой калорийности [Дулепова, 2013], то соотношение биомасс нектона и мирного зоопланктона в летне-осенний период в АНР находилось на уровне 7–20 % с максимумом в сентябре. При этом стоит учитывать, что в отдельные периоды щетинкочелюстные могут играть значительную роль в питании нектона, особенно в зимние месяцы.

При сравнении биомассы нектона с биомассой отдельных групп зоопланктона, данное соотношение может достигать 42 % в сравнении с копеподами (в сентябре и октябре), 47–88 % в сравнении с эвфаузидами (соответственно в сентябре и июне) и даже превышать биомассу менее обильных, но важных в питании групп – амфипод (в сентябре-октябре), птеропод и желетелого зоопланктона (во все рассматриваемые месяцы).

Анализ Н/З-коэффициента в пространстве показывает, что сравнительно высокая нагрузка на зоопланктонные сообщества в пределах западной части Берингова моря характерна именно для АНР (рис. 6.2.1), особенно в районе мыса Наварин, где биомасса нектона может достигать 40–50 % биомассы зоопланктона. Для сравнения, в глубоководных котловинах соотношение биомасс нектона и зоопланктона крупной фракции очень низкое и редко превышает порог в 5 %. Однако следует оговорить, что для глубоководных котловин Н/З-коэффициент рассчитывался для верхней эпипелагиали (0–50 м) и занижен относительно всей эпипелагиали, так как мезопелагические виды, совершающие суточные вертикальные миграции в эпипелагиаль, были лишь частично учтены. По предыдущим оценкам [Баланов, Ильинский, 1992; Баланов, 1995] биомасса нектона верхней мезопелагиали глубоководных котловин достигала 2,8–8,0 млн т, что в пересчете составляет около 4–12 т/км², хотя далеко не все виды и не каждый день совершают миграции в эпипелагиаль [Баланов, Радченко, 1995; Watanabe et al., 1999]. Оценки биомассы мезопелагического нектона, достигающего эпипелагиали [Радченко, 1994], составляли в конце 1980-х гг. около 300 тыс. т (500 кг/км²), т.е. примерно столько же, сколько суммарно учитывается нектона в верхней эпипелагиали.

Таким образом, даже с корректировкой на биомассу мигрирующей части мезопелагического нектона в эпипелагиаль Н/З-коэффициент в глубоководных районах в разы ниже, чем в АНР. Подробнее трофическая структура нектонного сообщества верхней эпипелагиали глубоководных районов в сезонном аспекте представлена в публикации С.В. Найденко и А.А. Сомова [Naydenko, Somov, 2019], где показано преобладание тихоокеанских лососей в общем потреблении пищевых ресурсов, при этом доля потребления от запаса кормовой базы составляет доли процентов.

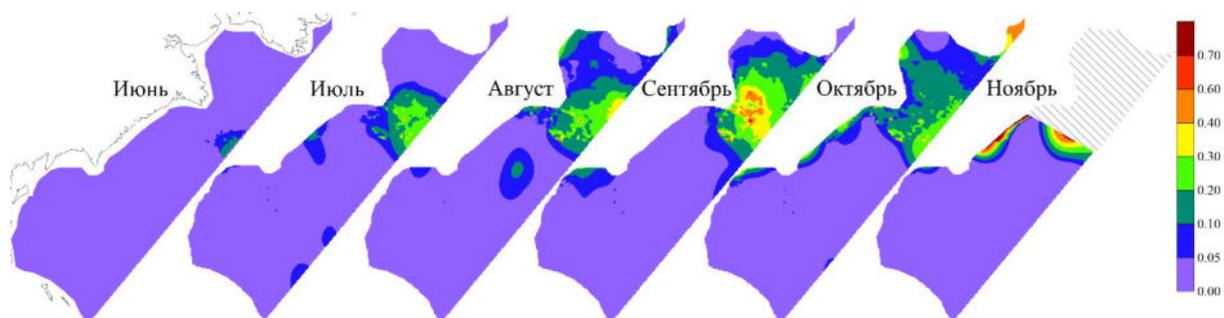


Рис. 6.2.1. Распределение Н/З-коэффициента для мирного зоопланктона (без хетогнат) в западной части Берингова моря (в пределах АНР и глубоководных котловин, карагинско-корякский шельф не учитывался)

Для выявления количественной оценки потребления кормовых ресурсов и трофических связей в системе нектон-зоопланктон крупной фракции были проанализированы усредненные помесечно спектры питания массовых видов нектона в АНР (минтай, сельдь, мойва, кета), а также мезопелагических рыб и кальмаров (Приложения 3, 4, 5). Полученные оценки потребления (на основе данных о траловой биомассе и спектрах питания массовых видов) мы сравнили с расчетными величинами месячной и сезонной продукции кормовых объектов за период июль-октябрь (за ноябрь отсутствовали данные по зоопланктону) (Приложения 10, 11, 12).

Первое, на что было обращено внимание, – это то, что потребление микронектона (в частности, мойвы, песчанки, мезопелагических рыб, молоди минтая, головоногих) массовыми видами нектона в несколько раз превосходило его продукцию (Приложения 11 и 12). К примеру, по расчетам потребление головоногих в 3,7 раза было больше их продукции, молоди минтая – в 2,7 раза, мойвы – в 6 раз, песчанки – в 30 раз, мезопелагических рыб – в 375 раз. Очевидно, такое несоответствие связано с недооценкой биомассы микронектона и головоногих траловым методом [Заволокин, Глебов, 2009]. Малые размеры тела микронектонных организмов позволяют им более успешно избегать орудия лова, и те коэффициенты уловистости, что стандартно используются при расчетах их биомассы, занижены.

В исследованиях, посвященных трофодинамике и моделированию трофических связей в морских экосистемах, ситуация, когда потребление объекта превышает его продукцию в разы, встречается часто. Основной фактор – недоучет мелкоразмерных организмов орудиями лова. Для коррекции биомассы микронектона можно принять допущение, что их потребление равно или немногим менее их продукции. Подобную коррекцию применяли при моделировании экосистемы Берингова моря [Aydin et al., 2002; Заволокин и др., 2014; Радченко, 2015]. Как уже отмечено в разделе по методике, для коррекции биомассы микронектона и головоногих мы применили фиксированный коэффициент потребления, равный 0,95, иными словами – подразумевается, что 95 % продукции этих групп организмов поедаются нектоном.

Скорректированная продукция микронектона (сумма за период с июня по октябрь) была увеличена с 173 до 937 тыс. т, а биомасса (среднее за июнь-октябрь) – с 302 до 1052 тыс. т (Приложения 10 и 11). У головоногих продукция была увеличена с 4,3 до 22,0 тыс. т, а биомасса – с 3,2 до 66,2 тыс. т. Увеличение продукции и биомассы

микронектона и головоногих повлекло за собой и увеличение расчетных величин потребления зоопланктона крупной фракции (Приложение 11).

В Приложениях 11 и 12 представлены оценки продукции, потребления и коэффициента потребления с учетом и без учёта коррекции биомассы микронектона и кальмаров. В тексте отображена информация только с учетом скорректированной биомассы микронектона и кальмаров.

Так, суммарное потребление кормовых ресурсов (микронектон и зоопланктон крупной фракции) с учетом скорректированной биомассы микронектона и головоногих 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. 6.2.2, 6.2.3).

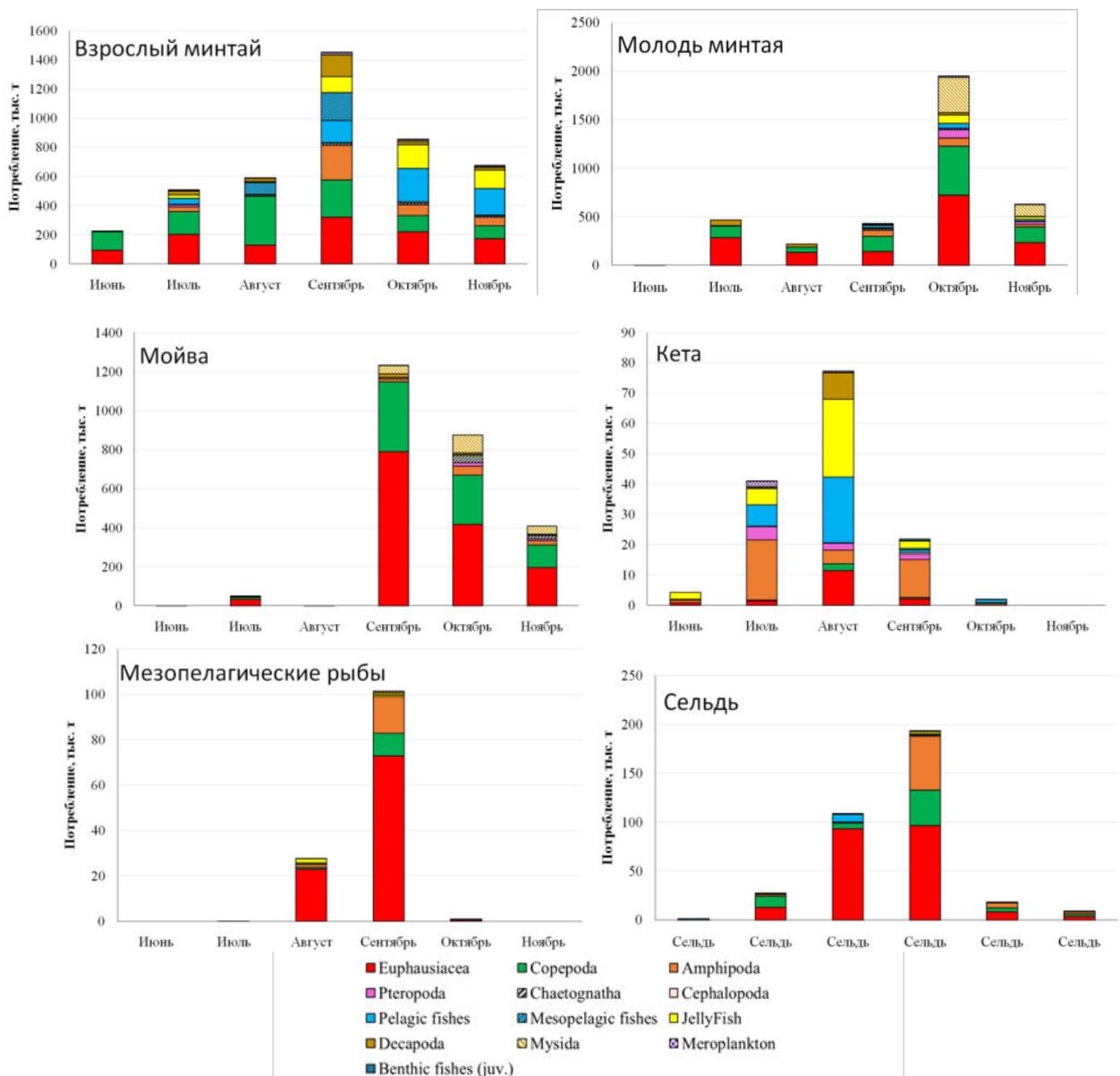


Рис. 6.2.2. Сезонная динамика объемов потребления кормовых ресурсов массовыми видами нектона

Наибольшую долю в потреблении кормовых ресурсов занимал минтай. За период с июня по октябрь взрослым минтаем по расчетам в среднем потреблялось 3,4 млн т с максимумом в сентябре – 1,45 млн т. Молодью минтая потреблялось сравнимое количество кормовых ресурсов – 3,1 млн т – с июня по октябрь с максимумом в октябре – 1,95 млн т. Таким образом, суммарно с июня по октябрь минтай выедал 6,5 млн т кормовых ресурсов (более 2/3 всего объема, потребляемого nekтоном) (рис. 6.2.3).

Несмотря на то что минтаем потребляется бóльшая доля кормовых ресурсов, объемы потребления пищи другими массовыми видами в АНР также весьма значительны. Основной рацион сельди и мойвы – фактически чистых планктофагов [Чучукало, 2006] – был в высокой степени схож. Доминирующими группами в питании этих видов во все рассматриваемые месяцы являлись эвфаузииды и копеподы с преобладанием первых (Приложения 3). За период с июня по октябрь сельдью в АНР потребляется суммарно около 268 тыс. т кормовых ресурсов (см. рис. 6.2.2). Мойва с июня по октябрь выедала суммарно около 2,2 млн т (рис. 6.2.2). Еще раз отметим, что данные оценки потребления пищи мойвой получены из скорректированных оценок ее биомассы, которые рассчитаны в свою очередь исходя из объемов потребления мойвы взрослым минтаем.

Доля тихоокеанских лососей в потреблении кормовых ресурсов в АНР на фоне вышеуказанных видов выглядит довольно скромной. Кета, будучи самым массовым видом тихоокеанских лососей в АНР, за июнь-октябрь потребляла в среднем 169 тыс. т пищи (рис. 6.2.2). При сравнении с минтаем, мойвой и сельдью кетой потреблялась весьма низкая доля кормовых ресурсов – менее 2 %.

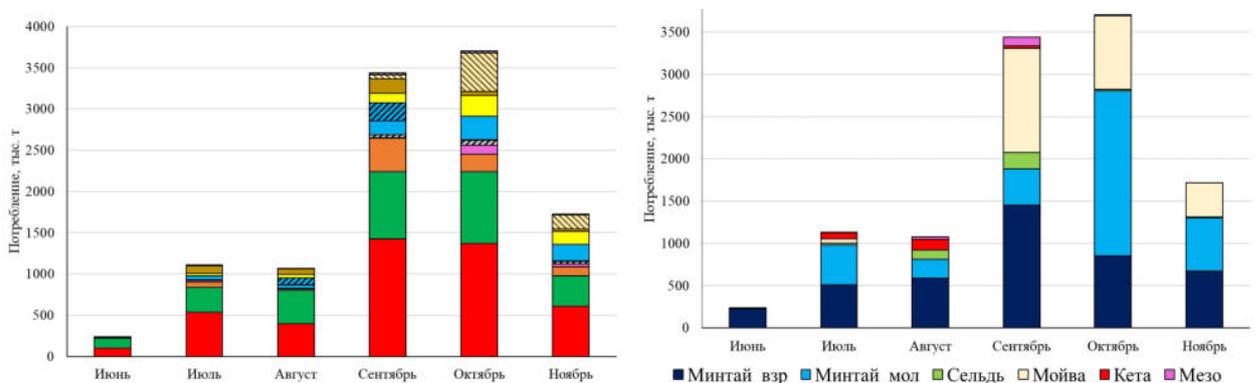


Рис. 6.2.3. Суммарные месячные объемы потребления кормовых ресурсов (слева) и основные потребители (справа) в эпипелагиали северо-западной части Берингова моря. Обозначения кормовых групп как на рис. 6.2.2

Еще одна массовая группа – мезопелагические рыбы. Объем потребления кормовых ресурсов мезопелагическими рыбами с учетом их скорректированной биомассы за весь летне-осенний период оценен в 130 тыс. т (рис. 6.2.2).

Представленные выше оценки означают, что запас кормовой базы в АНР достаточен для того, чтобы массовые виды nekтона проявляли избирательность в питании. Недоиспользуемые ресурсы копепод и щетинкочелюстных являются резервом кормовой базы. Примером этого может служить значительное увеличение доли щетинкочелюстных в питании тихоокеанских лососей в зимний период, когда биомасса прочих групп зоопланктона снижена [Волков 2006; Кузнецова и др., 2010, 2011; Найдено и др., 2010; Сомов и др., 2019], в отдельных случаях щетинкочелюстные занимают весомую долю и в питании минтая [Шунтов и др., 1993; Волков, 2015a].

Коэффициент использования кормовой базы значительно варьировал по месяцам для отдельных групп (Приложение 12). В отдельные месяцы, использование ресурсов той или иной группы могло превышать ее продукцию (Приложение 12). Такие вариации особенно отмечались у микронектона – молоди минтая, мойвы и мезопелагических рыб, в отдельные месяцы их потребление в разы превышало их продукцию.

Вообще такие вариации в отдельные месяцы вовсе не удивительны, ведь сообщество не может быть сбалансировано в каждый момент времени [Радченко, 2015]. Рассматривая соотношения потребления и продукции отдельных компонентов за весь летне-осенний период (с июня по октябрь), отметим, что эти вариации сглаживаются. Это означает, что существуют промежутки времени накопления и потребления кормовых объектов. При этом эпипелагическое сообщество анадырско-наваринского района — это незамкнутая система, гидрологическая обстановка в данном районе предполагает значительную степень аллохтонности зоопланктона, который накапливается в этом районе посредством транспорта течениями. Обильное продуцирование зоопланктона в АНР наряду с постоянным привносом зоопланктона из смежных акваторий создает резерв, который не успевает осваиваться потребителями.

Также нужно отметить, что в данной работе мы не рассматриваем всю экосистему в целом, а лишь блок трофических взаимоотношений зоопланктон-нектон в слое пелагиали. Потребление зоопланктона морскими птицами, морскими млекопитающими, медузами довольно значительно, а перенос вещества и энергии в системе планктон-планктон может быть на сравнимом уровне с системой планктон-нектон. Например, в

наших расчетах, экотрофический коэффициент для копепод оказался весьма низким – всего 0,14. Это связано с тем, что продукция копепод крайне высока и основным ее потребителем все же являются щетинкочелюстные, рацион которых на 80 % состоит из копепод [Fraser, 1969; Косихина, 1982; Слабинский, 1982; Terazaki, 1998]. Так, если в расчетах учесть потребление копепод щетинкочелюстными, то экотрофический коэффициент копепод достигнет уровня 0,70–0,75.

Помимо этого, донные и нектобентосные сообщества сублиторали и бентали АНР находятся в непосредственном контакте с пелагическим [Шунтов, 2016а] и участвуют в общем потоке вещества и энергии. Генерализованные оценки населения бентали в российской части Берингова моря (до глубины 200 м) составляют около 2,8 млн т, из них на рыб приходится немногим менее (1,5 млн т) [Шунтов, Волвенко, 2015, 2016а, б]. Если рассматривать только АНР, то биомасса рыб может приближаться к 0,8–1,0 млн т. Естественно, в биомассе донного населения также присутствует сезонный компонент, ведь многие виды (камбалы, палтусы, крабы и т.д.) также мигрируют на нагул в АНР. Если учитывать трофическую нагрузку на кормовые планктонные ресурсы со стороны как пелагических, так и донных ихтио- и теутоценов, то доля потребления продукции кормового зоопланктона будет выше, чем 34 %. Однако стоит отметить, что значительная часть пищевых ресурсов донных и придонных рыб приходится на бентосные организмы.

Таким образом, обобщение данных за многолетний ряд наблюдений позволило качественно и количественно оценить сезонные изменения в сообществе nekтона АНР, а также количественно охарактеризовать и трофическую структуру сообщества (рис. 6.2.4), оценить, какова нагрузка на кормовые ресурсы АНР, и выявить зоны наиболее высокой трофической нагрузки на кормовые ресурсы. Основные потоки вещества в трофической структуре nekтона замыкались на минтая, но в отдельные месяцы (сентябрь и октябрь) значительную роль играли мойва и сельдь (рис. 6.2.4).

Сообщество nekтона в АНР динамично, и в летне-осенний период биомасса nekтона изменяется в несколько раз от минимальных значений в июне до максимума в сентябре и октябре с последующим уменьшением в конце осени. Изменения биомассы nekтона связаны прежде всего с нагульными миграциями в АНР минтая, а также других массовых видов, таких как сельдь и кета (см. гл. 5).

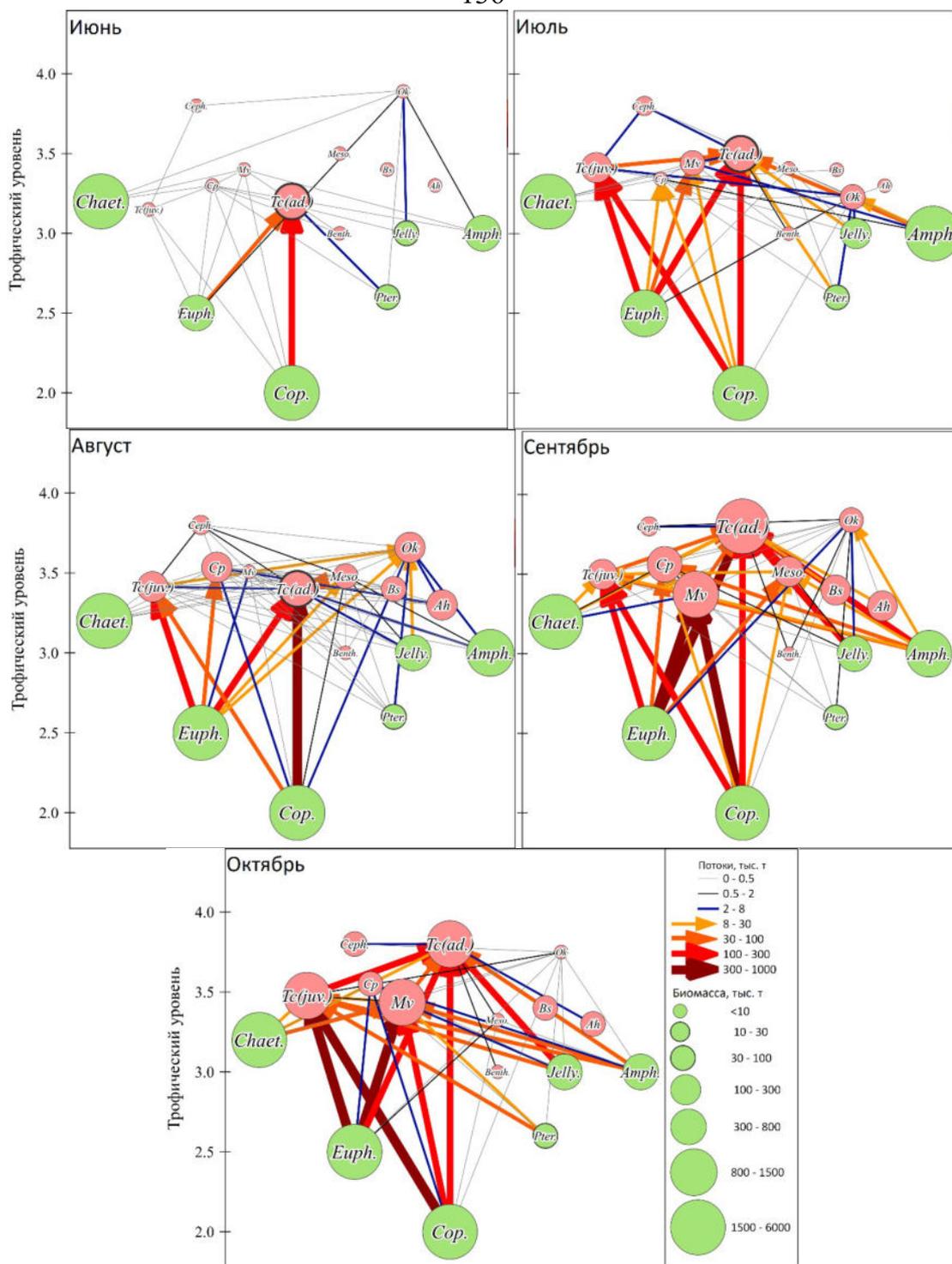


Рис. 6.2.4. Трофическая структура в системе нектон–зоопланктон эпипелагиали АНР в летне-осенний период

Район, примыкающий к мысу Наварин, является местом, где концентрируется наибольшее количество нектона. Вследствие этого нагрузка на кормовые ресурсы в этой части исследуемого района максимальна. Однако здесь же в максимуме концентрируется и кормовой зоопланктон как следствие продуцирования и накопления из смежных акваторий. Количественные расчеты показали, что у кормовой базы в АНР есть существенный запас, так как нектоном потребляется в среднем около трети всей

кормовой базы и прослеживается избирательность в питании, несмотря на колоссальные объемы выедания в абсолютных величинах. Также можно заключить, что в течение летне-осеннего периода отмечаются периоды накопления кормовой базы (в начале лета), когда величина выедания низка, и периоды потребления (осень), когда выедание некоторых групп зоопланктона и микронектона превышало их продукцию.

Глава 7 Межгодовая динамика нектона

В главе 4 были показаны различия в составе и структуре нектона эпипелагиали западной части Берингова моря в многолетнем аспекте. С 1980-х гг. было выделено три периода с характерными особенностями видовой структуры, биомассы и пространственного распределения нектона. Современный период (с начала 2000-х гг.) отличается доминированием тихоокеанских лососей в эпипелагиали глубоководных котловин [Сомов, 2015б], более масштабным их проникновением в западную часть моря, включая Анадырский залив, снижением фактически до нуля нагульных миграций минтая в глубоководные районы, увеличением степени миграции южных мигрантов, увеличением биомассы кальмаров и уменьшением биомассы мезопелагических рыб.

Несмотря на существенные различия в структуре нектона по периодам лет, межгодовые различия внутри периодов также были выражены [Сомов, 2015б, г]. В данной главе рассматриваются особенности межгодовых различий в структуре и пространственном распределении нектона эпипелагиали в современный период (2003–2020 гг.), анализируются связи этих изменений с условиями среды и обсуждаются возможные сценарии дальнейших изменений в эпипелагическом нектоне западной части Берингова моря.

7.1 Тихоокеанские лососи

Анализ данных показал, что биомасса тихоокеанских лососей, нагуливающихся в западной части Берингова моря в летне-осенний период (смешанные региональные скопления кеты, нерки и чавычи), снижалась от начала 2000-х гг. к концу второго десятилетия XXI в. по данным как летних, так и осенних съемок (рис. 7.1.1). 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 , а у чавычи – 19 и 6 кг/км^2 . При этом, судя по данным 2021 г., отмечена тенденция к росту биомассы нагульных лососей. Стоит отметить, что у нерки снижение обилия за рассматриваемый период проявлялось менее явно.

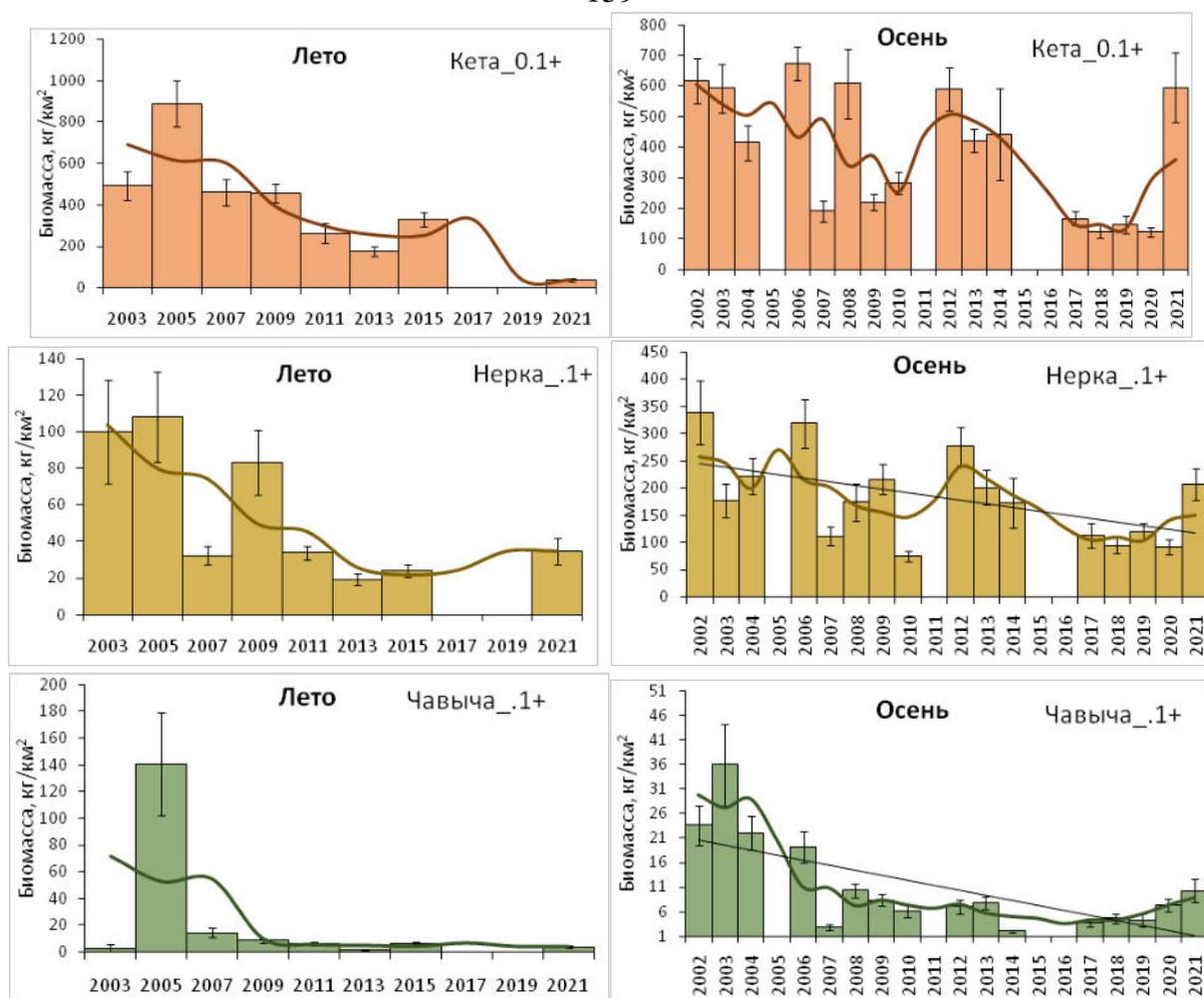


Рис. 7.1.1. Межгодовая динамика биомассы тихоокеанских лососей с многолетним морским циклом, нагуливающих в западной части Берингова моря в летне-осенний период. Столбцами обозначены фактические наблюдения, линия – трехлетнее сглаживание, планками погрешности указана стандартная ошибка

Среди видов и размерно-возрастных групп тихоокеанских лососей, нагуливающих в западной части Берингова моря в осенний период после ската из рек (сеголетки горбуши и кеты, молодь нерки и чавычи первого морского года и кижуч (*O. kisutch*)), особи представлены популяциями в основном Карагинского залива, а также корякского побережья и Анадырского залива. У данной группы лососей межгодовая динамика биомассы не имела тенденции к уменьшению (рис. 7.1.2). Например, у кижуча, а также молоди нерки и чавычи уровень обилия за рассматриваемый период был относительно стабильным. У горбуши, наоборот, отмечается рост обилия как по четной (доминантная), так и по нечетной линии лет (рис. 7.1.2). По абсолютной учтенной численности максимальные оценки были получены в 2008 и 2010 гг. – соответственно 1,27 и 1,1 млрд экз. [Шунтов и др., 2009; Шунтов, Темных, 2010], а в 2014 г. было учтено 725 млн экз. [Шунтов и др., 2014]. Что характерно, у сеголеток кеты

просматривается двухгодичный цикл, комплементарный горбуше: в четные годы обилие сеголеток кеты было в среднем выше, чем в нечетные годы (рис. 7.1.2).

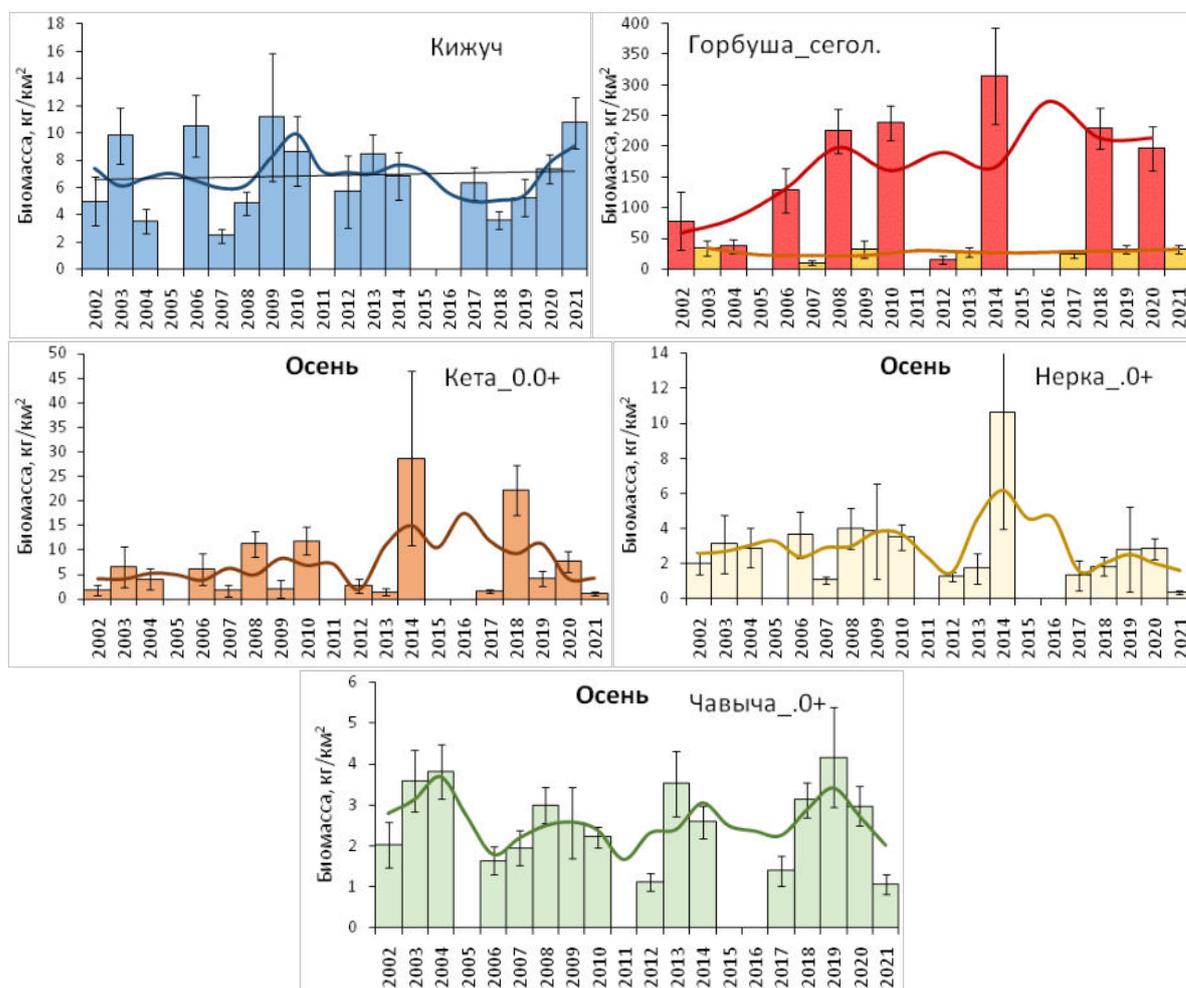


Рис. 7.1.2. Межгодовая динамика биомассы молоди тихоокеанских лососей первого морского года жизни в западной части Берингова моря в осенний период. Столбцами обозначены фактические наблюдения, линия – трехлетнее сглаживание, планками погрешности указана стандартная ошибка

Очевидно, что уровень обилия молоди тихоокеанских лососей, осваивающей открытые морские пространства глубоководных котловин после выхода из прибрежных районов, определяется количеством родителей, условиями созревания икры, выживаемостью на этапе ската и в раннеморской период. Условия в море для подросшей и окрепшей молоди – весьма благоприятные: достаточная кормовая база, низкий пресс хищников вследствие их низких концентраций, отсутствие жесткой внутри- и межвидовой конкуренции из-за рассредоточения по обширной акватории [Найденко и др., 2021]. Фоновые условия в западной части Берингова моря в этом отношении играют слабую роль в контроле численности, но при этом влияют на пространственное распределение.

Обилие же нагульных лососей в западной части Берингова моря также зависит не только от уровня общей численности различных региональных стад, но и от интенсивности их миграций из сопредельных акваторий, которые в свою очередь зависят: 1) от наличия кормовых ресурсов, 2) климато-океанологических условий, 3) *плотностного фактора*.

Выводы, полученные в главе 4 касательно пищевой обеспеченности nekтона в западной части Берингова моря, позволили с высокой степенью уверенности исключить фактор величины запаса пищи в глубоководных районах как сколь-либо определяющий миграции лососей в данную часть моря, так как всем nekтоном в эпипелагиали глубоководных районов потребляется не более 5–10 % продукции кормового зоопланктона, притом что доля лососей в потреблении пищи составляет 70–90 % [Найденко, 2007; Naydenko, Somov, 2019].

В результате эволюции тихоокеанские лососи стали океаническими видами (в морской период), что подразумевает индивидуальное (а не косячное) поведение и расселение на обширные акватории [Шунтов, Темных, 2011, 2008в]. В этом отношении верхняя эпипелагиаль западной части Берингова моря играет более важную роль как пространство для перераспределения нагульных и преднерестовых лососей, которое становится доступным для нагула (с избытком корма) в летне-осенний период [Найденко и др., 2022; Найденко, Сомов, 2022].

Данные популяционной дифференциации нагульной кеты по чешуе [Бугаев и др., 2006, 2007, 2009], по генетике [Urawa et al., 2009] и по отолитным меткам [Атлас..., 2002; Urawa et al., 2009] указывают на то, что большинство кеты, нагуливающейся в Беринговом море, включая его западную часть, принадлежит стадам Японии, Аляски, восточной Камчатки и охотоморским стадам. Также в Беринговом море нагуливается кета и других стад, но в меньших количествах. Анализ связи обилия кеты в ЗЧБМ и уровня вылова вышеуказанных стад (смещенный на год вперед) показал крайне высокий уровень корреляции (рис. 7.1.3), также положительная значимая связь наблюдалась и для уровня обилия кеты в центральной части БМ (ЦБМ) по данным японских съемок [Azumaya et al., 2005; Morita et al., 2007–2009, 2011; Sato et al., 2012, 2014–2016; Honda et al., 2017–2021; Хен и др., 2023].

Характерно, что уровень обилия нагульной кеты в западной (ЗЧБМ) и центральной (ЦБМ) частях моря также положительно связаны (рис. 7.1.3), хотя

коэффициент корреляции невысокий за счет нелинейной связи. Как и предполагалось, отчетливой связи между обилием кеты в ЗЧБМ и концентрацией зоопланктона не было выявлено, но все же тенденция на положительную связь просматривалась, которая, скорее, могла быть общим откликом на изменчивость водообмена с Тихим океаном (ТО).



Рис. 7.1.3. Зависимость обилия нагульной кеты в западной части Берингова моря (ЗЧБМ) от ряда факторов: *Chum* – концентрация нагульной кеты в ЗЧБМ осенью, *Ctch_chum* – вылов кеты на Аляске, в Японии, Камчатке со смещением на один год вперед, *CBS_Chum* – средний улов кеты в центральной части Берингова моря (ЦБМ) по данным японских летних траловых съемок, *EU_AM* – концентрация эвфаузиид и амфипод в ЗЧБМ, *Cop* – концентрация копепод в ЗЧБМ, *ICE_WBS* – ледовитость (площадь распространения льда в марте) в ЗЧБМ, *KC* – интенсивность Камчатского течения (КТ) зимой, *BSC_C* – интенсивность Берингоморского склонового течения (БСТ) в его центральной части зимой, *Blizhn* – интенсивность потока через прол. Ближний зимой, *AS_174E*, *AS_181E*, *AS_198E* – интенсивность Аляскинского течения (АТ) на разрезах 174, 181° в.д. и 162° з.д. зимой, *SST* – средняя за июнь-октябрь температура поверхности в ЗЧБМ, *AL_St* – конфигурация Алеутского минимума (АМ) зимой. Данные преобразованы методом Бокса-Кокса для приведения к нормальному распределению

Связь обилия нагульной кеты с рядом климато-океанологических факторов явно просматривается (рис. 7.1.3): негативная связь с уровнем переноса Аляскинским течением (АТ) на разрезе 174° в.д. и через прол. Ближний и положительная связь с переносом вод АТ на разрезе 162° з.д., усиление которого интенсифицирует водообмен БМ с ТО через проливы Алеутской гряды [Panteleev et al., 2012]. В то же время заток вод

через прол. Ближний положительно связан с интенсивностью АТ на разрезе 174° в.д. и отрицательно с интенсивностью АТ на разрезе 162° з.д., при этом связи между интенсивностью переноса АТ на указанных разрезах не выявлено (рис. 7.1.3), что предполагает влияние западного и восточного макрокруговоротов в северной части Тихого океана на интенсивность АТ соответственно в западной и восточной частях.

Примечательно, что уровень обилия нагульной кеты был отрицательно связан с температурой поверхности в ЗЧБМ в летне-осенний период и положительно связан с уровнем ледовитости в ЗЧБМ в предшествующую зиму. Данное обстоятельство не соответствует предположениям, что в эпоху современного потепления ареал нагульной кеты должен смещаться на север [Kaeriyama et al., 2014; Cheung et al., 2015], хотя при этом наблюдается смещение центров воспроизводства на север, включая Арктику.

В связи с выявленными зависимостями от уровня численности и климато-океанологических факторов, очевидно, что определяющим условием масштабов миграции нагульной кеты в ЗЧБМ является фактор плотности: чем больше общая численность тех стад кеты, для которых БМ является основным районом летне-осеннего нагула, тем больше её обилие как в ЦБМ, так и в ЗЧБМ. Климато-океанологические факторы хоть и влияют на динамику обилия нагульной кеты в Беринговом море, но являются второстепенными, по крайней мере за рассматриваемый период лет на фоне общего снижения численности в основном японской кеты. Более того, отмечается и уменьшение доли японской кеты в смешанных нагульных скоплениях в центральной части Берингова моря в течение 2000-х гг. [Working Group..., 2022].

Стоит отметить, что влияние указанных факторов на обилие кеты в ЗЧБМ распределено неравномерно в пространстве (рис. 7.1.4). Заметно, что в последнее десятилетие изменилось пространственное распределение нагульной кеты в ЗЧБМ в осенний период в результате смещения основных концентраций в северную часть Алеутской котловины и наваринский район. Это происходило на фоне общего тренда на ослабление звеньев восточной части Берингоморского круговорота (АТ на разрезах 162° з.д. и 181° в.д., БСТ, КТ) и усиления АТ на разрезе 174° в.д. и, как следствие, усиления затока вод через прол. Ближний, увеличения температуры поверхности и снижения ледовитости в ЗЧБМ. Также наблюдается неравномерное распределение коэффициентов корреляции для связи с уровнем обилия кеты в ЦБМ: положительная

связь в юго-восточной части глубоководных котловин и отрицательная в северной части Алеутской котловины.

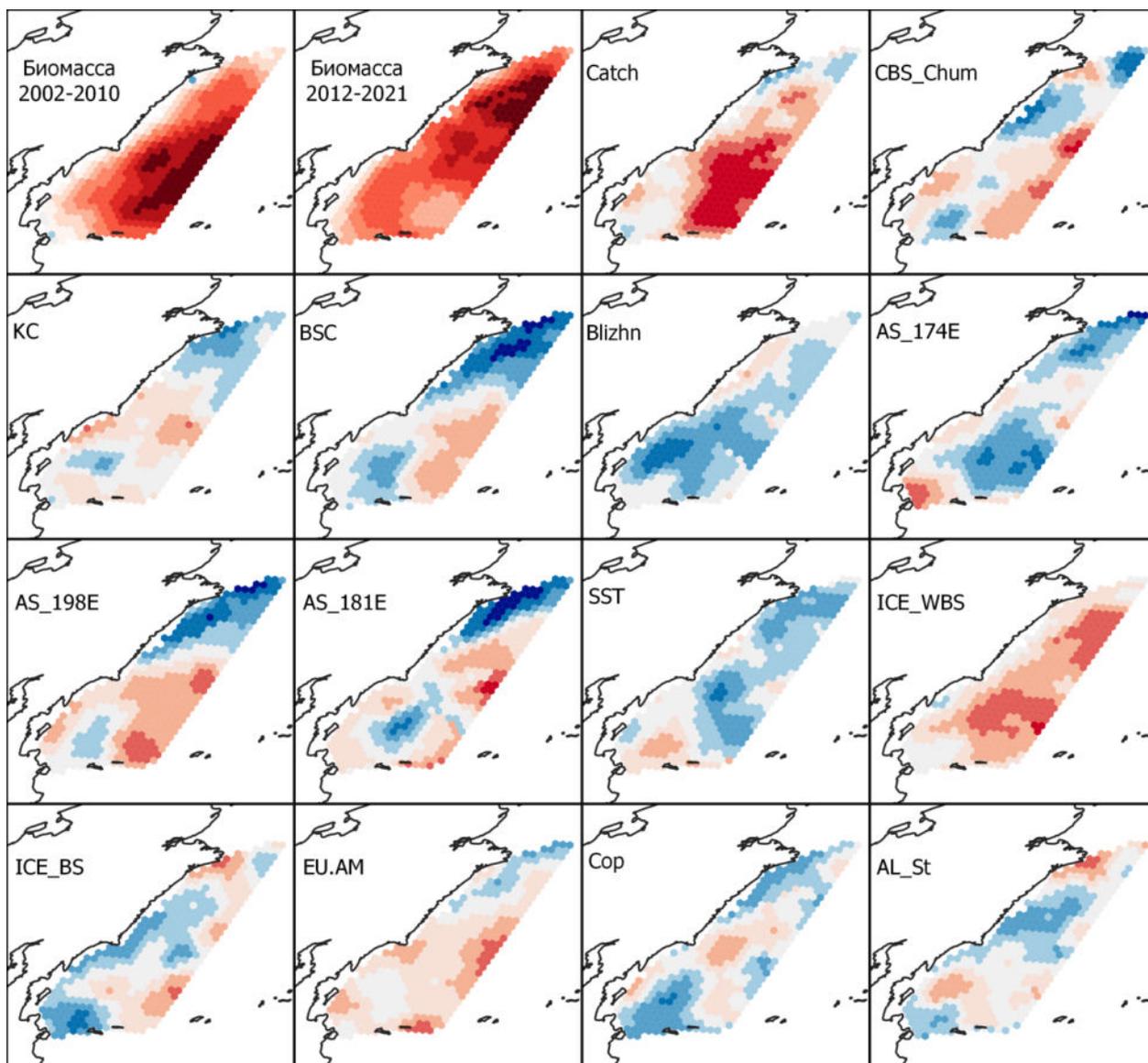


Рис. 7.1.4. Изменение пространственного распределения обилия нагульной кеты в ЗЧБМ осенью в 2002–2010 и 2012–2021 гг. и распределение коэффициентов корреляции обилия нагульной кеты в ЗЧБМ относительно различных факторов: *ICE_BS* – ледовитость (площадь распространения льда в марте) во всём Беринговом море, остальные обозначения как на рис. 7.1.3. Синий цвет – отрицательная корреляция, красный цвет – положительная корреляция

Совокупный отклик пространственного распределения нагульной кеты в ЗЧБМ на изменение вышеуказанных факторов указывает на то, что при усилении Берингоморского круговорота нагульная кета в больших концентрациях мигрирует в ЦБМ и оттуда распространяется в ЗЧБМ «южным маршрутом», в то время как при ослаблении Берингоморского круговорота и усилении затока вод через прол. Ближний, которые преимущественно отворачивают на восток, большая доля нагульной кеты концентрируется в ЦБМ и распространяется в ЗЧБМ в основном «северным

маршрутом». Также вероятно, что температурный режим ЗЧБМ и ледовитость в предшествующую зиму оказывают мало влияния на распределение и общую концентрацию нагульной кеты в ЗЧБМ, поскольку их корреляция с обилием кеты является, скорее, общим откликом на изменение режима водообмена.

В отношении нагульной чавычи также отмечена сильная связь с уровнем ее вылова на следующий год как в ЗЧБМ, так и в ЦБМ (рис. 7.1.5). При анализе связи обилия нагульной чавычи с климато-океанологическими факторами, так же как и у кеты, наблюдались положительные связи с интенсивностью водообмена с Тихим океаном через проливы Алеутской гряды и интенсивностью БСТ и отрицательная связь с интенсивностью АТ на разрезе 174° в.д. и расходом через прол. Ближний. Также отмечена нелинейная связь с уровнем обилия чавычи в ЦБМ.



Рис. 7.1.5. Зависимость обилия нагульной чавычи в западной части Берингова моря (ЗЧБМ) от ряда факторов: *Chin* – концентрация нагульной чавычи в ЗЧБМ осенью, *Ctch_chin* – вылов чавычи на Аляске и Камчатке со смещением на один год вперед, *CBS_Chin* – средний улов чавычи в центральной части Берингова моря (ЦБМ) по данным японских летних траловых съемок, остальные обозначения как на рис. 7.1.3. Данные преобразованы методом Бокса-Кокса для приведения к нормальному распределению

Как и для нагульной кеты, для нагульной чавычи влияние вышеуказанных факторов было распределено неравномерно в пространстве (рис. 7.1.6). Характерно, что в отличие от кеты у чавычи не наблюдалось существенной перемены в

пространственном распределении в 2002–2010 и 2012–2021 гг. В оба рассматриваемых периода основные концентрации нагульной чавычи наблюдались у границы ИЭЗ РФ с максимумом в северо-восточной части Алеутской котловины. При сохранении контуров пространственного распределения в 2012–2021 гг. чавыча менее интенсивно распространялась в ЗЧБМ.

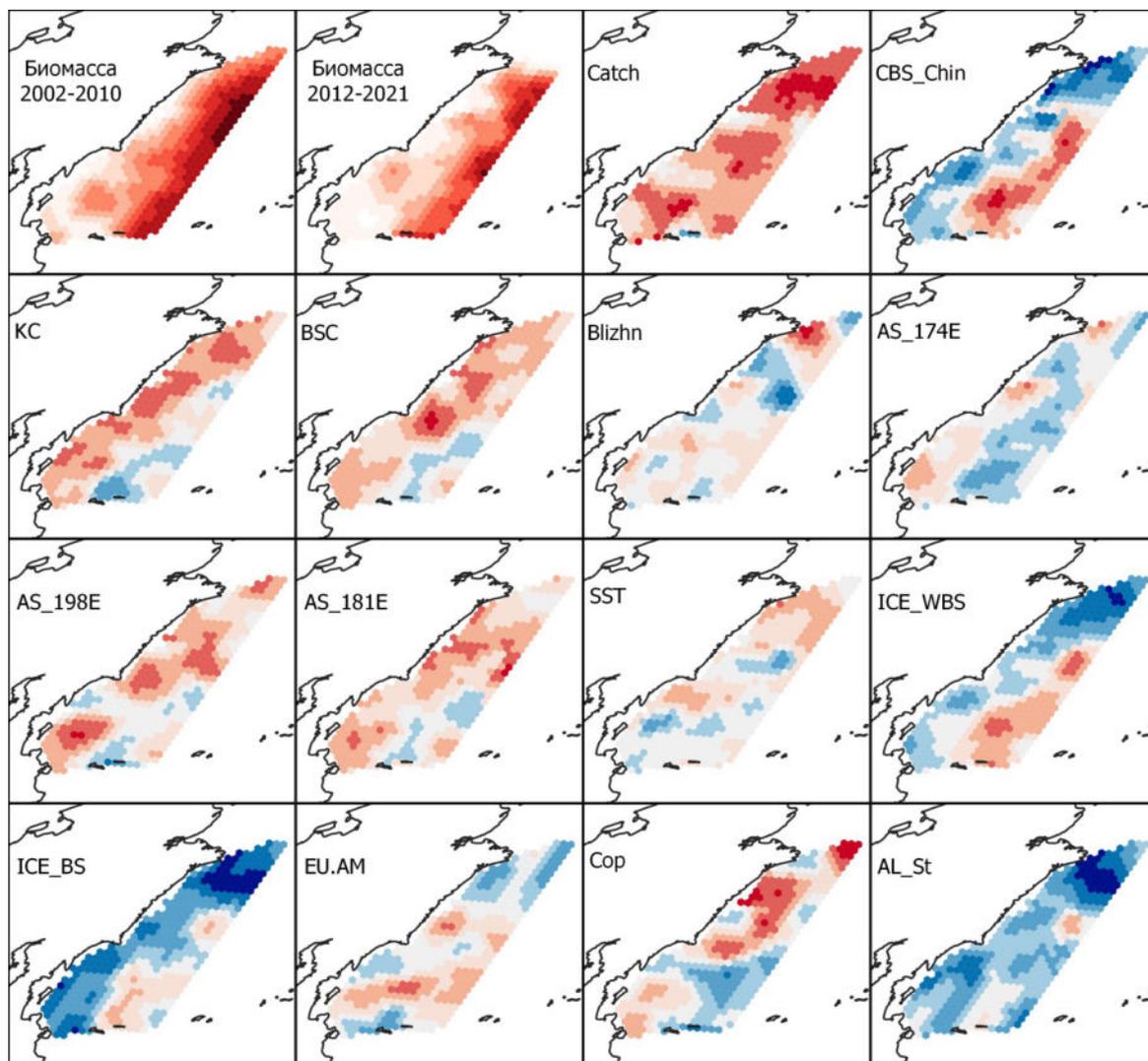


Рис. 7.1.6. Изменение пространственного распределения обилия нагульной чавычи в ЗЧБМ осенью в 2002–2010 и 2012–2021 гг. и распределение коэффициентов корреляции обилия нагульной чавычи в ЗЧБМ относительно различных факторов. Условные обозначения как на рис. 7.1.3 и 7.1.4

В отличие от кеты связь обилия чавычи с элементами Беринговоморского круговорота (AS_198E, AS_181E, KC, BSC) была отрицательна в юго-восточной части Командорской котловины и положительна в остальных областях глубоководных районов (рис. 7.1.6). Влияние расхода АТ на разрезе 174° в.д. на большей части акватории было негативным, а расхода в прол. Ближнем – нейтральным. Сходным образом с кетой распределялась корреляция с уровнем обилия чавычи в ЦБМ –

положительные корреляции в юго-восточной части глубоководных котловин у границы ИЭЗ РФ и отрицательная связь в остальных областях. Таким образом, при усилении интенсивности водообмена БМ с ТО через проливы Алеутской гряды интенсифицируются и миграции нагульной чавычи в ЗЧБМ через Алеутскую котловину, при его ослаблении снижается интенсивность миграций через Алеутскую котловину и несколько усиливается через Командорскую. При этом, как и в случае с кетой, влияние температурного режима на миграции нагульной чавычи в ЗЧБМ несущественно.

Механизм миграции неполовозрелой чавычи в ЗЧБМ, описанный И.И. Глебовым [2007a], согласуется с приведенными выше зависимостями. В отличие от нерки и кеты неполовозрелая молодь чавычи использует только «северный маршрут» миграции в ЗЧБМ, т.е. миграция из Тихого океана в восточную часть моря через проливы восточной части Алеутской гряды и распространение вдоль свала глубин с потоками ЦБТ. Также И.И. Глебов [2007б] отметил и незначительное влияние температуры поверхности на распределение нерки в ЗЧБМ, о чем написано выше. Основным же фактором, оказывающим влияние на уменьшение концентрации чавычи в ЗЧБМ за рассматриваемый период, следует считать снижение общей численности стад, нагуливающих в БМ.

У нагульной нерки в отличие от кеты и чавычи наблюдалась отрицательная корреляция между ее обилием в ЗЧБМ и уровнем вылова, а также с уровнем обилия нерки в ЦБМ (рис. 7.1.7). Рост вылова нерки отмечался во всех указанных выше регионах [NPAFC Catch Statistics ..., 2022], поэтому нельзя предположить, что снижение уровня биомассы нерки в ЗЧБМ – это отражение динамики численности какого-либо отдельного стада. В то же время наблюдалась хоть и не сильная, но, тем не менее, положительная нелинейная связь обилия нерки в ЦБМ с общим выловом (рис. 7.1.7). Такое несоответствие усредненных по всей акватории оценок обилия и уровня вылова связано с крайне контрастным распределением данной зависимости в пределах рассматриваемой акватории (рис. 7.1.8). Сильная положительная связь обилия нерки в ЗЧБМ с выловом наблюдалась в северной части исследуемой акватории, а отрицательная – в южной (рис. 7.1.8).

Схожее распределение коэффициентов корреляции наблюдалось и по отношению к обилию нерки в ЦБМ. Для всех остальных факторов также отмечены существенные контрасты в пространственном распределении коэффициентов корреляции между

северной и южной частями исследуемой акватории (рис. 7.1.8). В связи с этим зависимость обилия нерки от интенсивности циркуляции, представленная на рис. 7.1.7, выглядит неявной. В этом заключается существенно отличие нагульной нерки от кеты и чавычи.

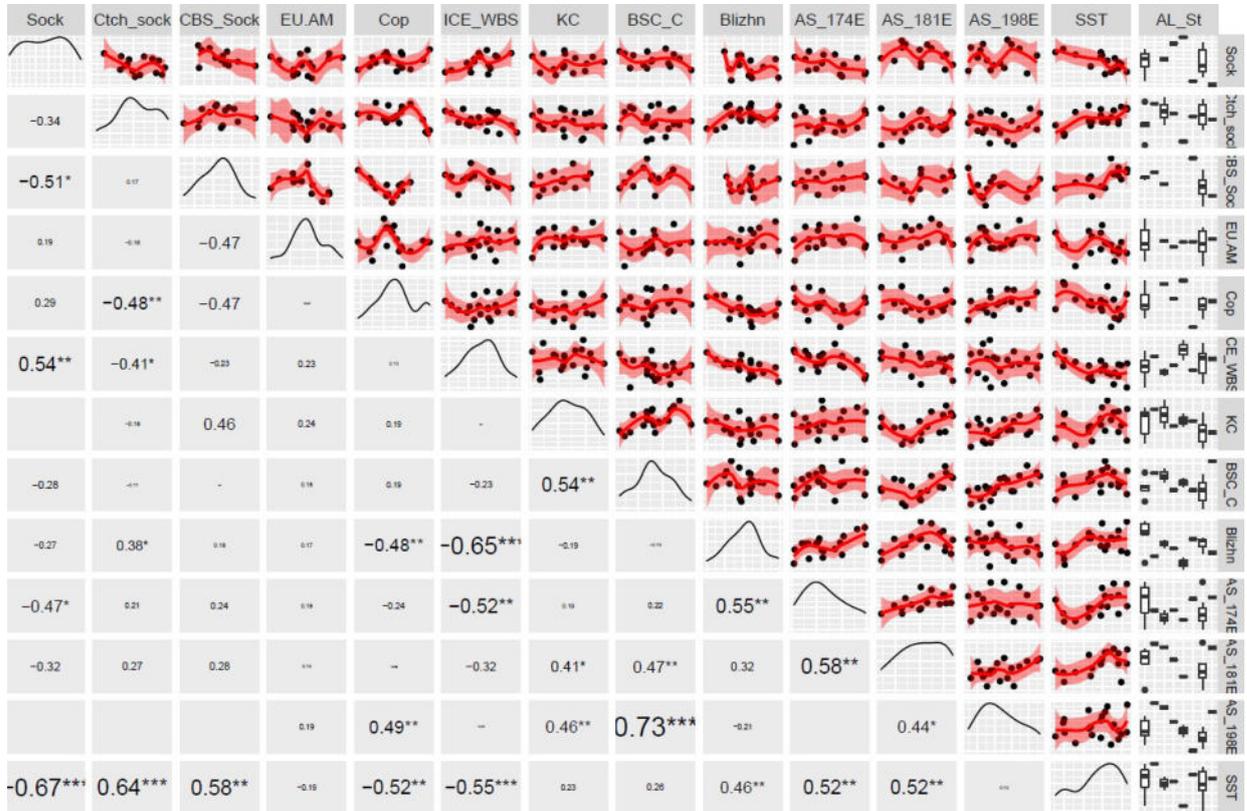


Рис. 7.1.7. Зависимость обилия нагульной нерки в западной части Берингова моря (ЗЧБМ) от ряда факторов: *Sock* – концентрация нагульной нерки в ЗЧБМ осенью, *Ctch_sock* – вылов нерки на Аляске и Камчатке со смещением на один год вперед, *CBS_Sock* – средний улов нерки в центральной части Берингова моря (ЦБМ) по данным японских летних траловых съемок, остальные обозначения как на рис. 7.1.3. Данные преобразованы методом Бокса-Кокса для приведения к нормальному распределению

За рассматриваемый период отмечено смещение основных концентраций нагульной нерки в северном направлении (см. рис. 7.1.8). Отрицательная связь между динамикой обилия нерки в ЗЧБМ и ЦБМ указывают на то, что в зависимости от океанологических условий, а именно от уровня водообмена Берингова моря с Тихим океаном, происходит перераспределение нагульных скоплений нерки между центральной и западной частями моря. Таким образом, в периоды повышенного водообмена с Тихим океаном и усиления ЦБТ миграции нерки в ЗЧБМ возрастали и основные концентрации наблюдались южнее – в Командорской котловине, в обратном случае – снижались, а основные концентрации располагались севернее – в Алеутской котловине. Также этому способствует и усиление залива вод через прол. Ближний,

поскольку, судя по всему, при его интенсификации увеличивается обилие нерки в ЦБМ (см. рис. 7.1.7).

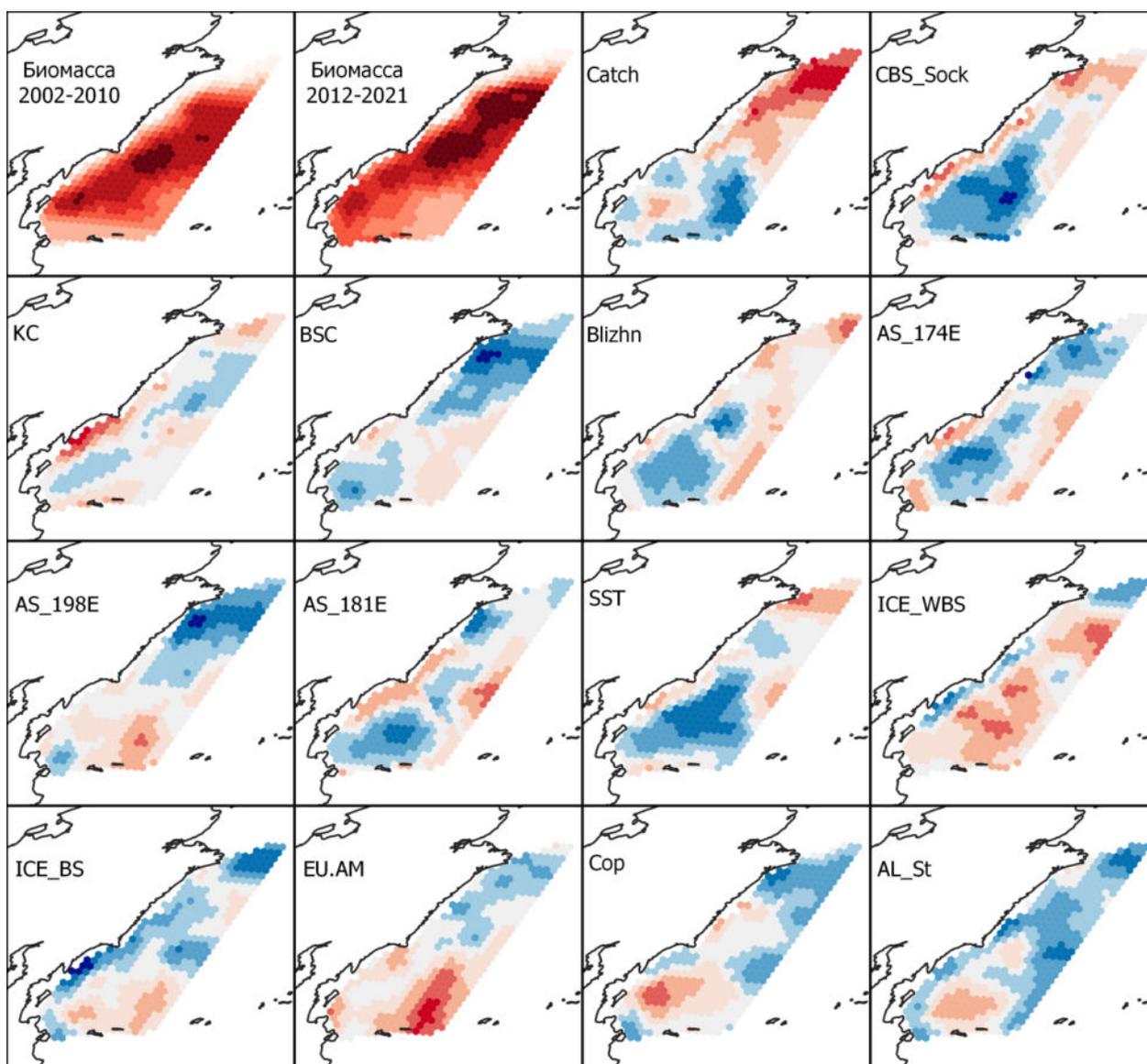


Рис. 7.1.8. Изменение пространственного распределения обилия нагульной нерки в ЗЧБМ осенью в 2002–2010 и 2012–2021 гг. и распределение коэффициентов корреляции обилия нагульной нерки в ЗЧБМ относительно различных факторов. Условные обозначения как на рис. 7.1.3 и 7.1.6

Интересно, что И.И. Глебов [2007б] указывает на два маршрута миграции нерки в ЗЧБМ: 1) южный – из ЦБМ и северной части Тихого океана в Командорскую котловину и 2) северный – из восточной части Алеутской котловины. В последние годы распределение нерки в ЗЧБМ похоже на преобладание северного пути миграции нерки в ЗЧБМ.

Таким образом, для тихоокеанских лососей нагульной стадии отмечено характерное снижение уровня обилия в западной части Берингова моря с начала 2000-х гг. по настоящее время. Основным фактором уменьшения обилия у кеты и чавычи

является снижение численности основных региональных стад, которые нагуливаются в Беринговом море. У нерки, судя по всему, сокращение обилия в ЗЧБМ было обусловлено не снижением численности региональных стад (их численность, напротив, возрастала) а более выраженными перераспределениями между ЦБМ и ЗЧБМ, также возможно, что возросли миграции нерки и в сторону северного шельфа, на что указывает существенное увеличение ее концентраций в анадырско-наваринском районе.

Помимо этого, в межгодовой динамике нагульных лососей отмечено не только общее снижение обилия, но и цикличность на фоне уменьшения и связаны эти циклы с изменением режима водообмена с Тихим океаном: при его усилении миграции нагульных лососей в ЗЧБМ усиливались, а при ослаблении – снижались. Указанные особенности межгодовой динамики отражались не только в уровне общего обилия, но и на пространственном распределении лососей: в периоды более интенсивного водообмена кета, нерка и чавыча более массово распространялись в Командорскую котловину, а в периоды пониженного водообмена были в большей степени сконцентрированы в Алеутской котловине. В свою очередь, изменение интенсивности и характера водообмена (соотношения залива вод в БМ через Алеутские проливы или прол. Ближний) является откликом климатических изменений, а именно – изменения конфигурации и силы Алеутского минимума.

При этом необходимо отметить, что в западную часть Берингова моря в летне-осенний период мигрирует лишь часть всех лососей, значительная их доля нагуливается в центральной части моря, в северной части Тихого океана, зал. Аляска и в Охотском море, где в последние годы наблюдается увеличение обилия нагульной кеты [Темных и др., 2015].

7.2 Минтай

Для анализа межгодовой динамики минтая в АНР для нас были доступны как данные тралений, так и акустические оценки [Кузнецов и др., 2013]. Большинство тралений в АНР, где учитывался минтай, были проведены в ходе тралово-акустических съёмов. В данных исследованиях траления выполняются нерегулярно и нечасто, как правило, по одному-два траления на акустический галс с целью определения видового и размерного состава эхозаписей. Акустическое зондирование в свою очередь охватывает большую часть АНР. Поэтому для анализа межгодовой динамики минтая и выявления

статистических связей с различными факторами использование акустических оценок биомассы минтая представляется более релевантным. Данные тралений использованы для дополнительной информации.

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 два периода пониженного или умеренного уровня биомассы – 1997–2001 и 2007–2014 гг. (рис. 7.2.1).

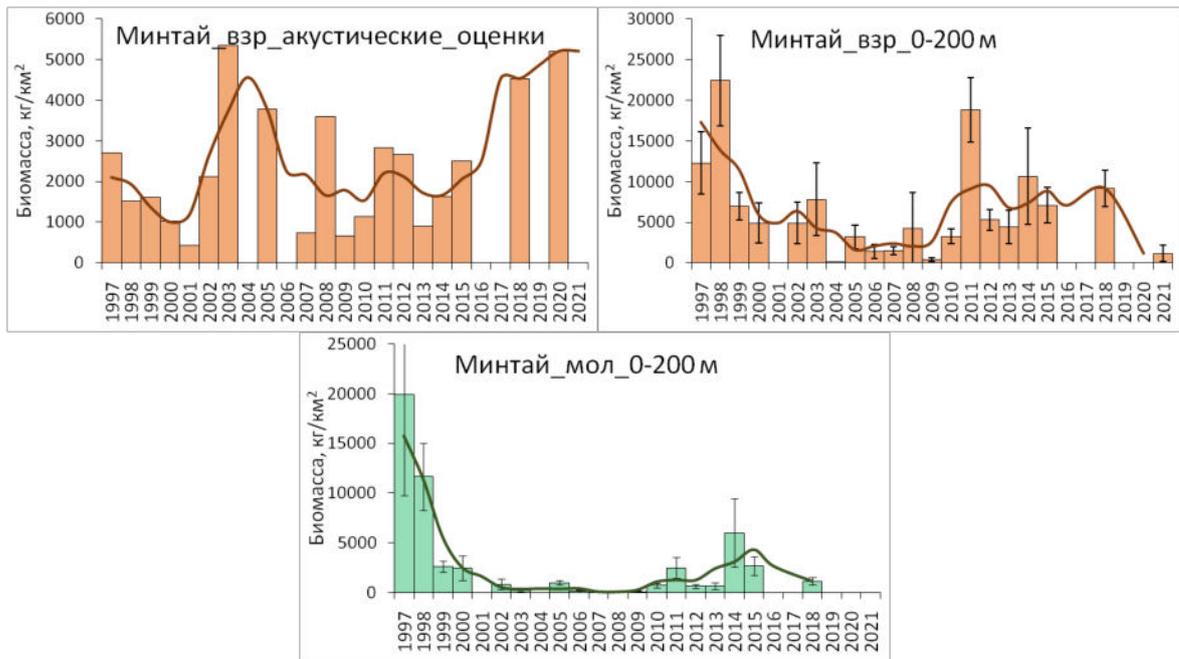


Рис. 7.2.1. Межгодовая динамика биомассы минтая в АНР. Столбцами обозначены фактические наблюдения, линия – трехлетнее сглаживание, планками погрешности указана стандартная ошибка

Так, в периоды повышенной биомассы минтая в АНР его уровень находился в пределах $3,5\text{--}4,0\text{ т/км}^2$, или, выражаясь в тотальных величинах (с учетом площади АНР – 175 тыс. км^2), – $600\text{--}700\text{ тыс. т}$, а в периоды пониженной биомассы – $1,5\text{--}2,0\text{ т/км}^2$, или $260\text{--}350\text{ тыс. т}$. Изменения средней биомассы взрослого минтая в АНР по траловым данным (рис. 7.2.1) мало соответствует акустическим оценкам и, на наш взгляд, не может служить надежным индикатором межгодовых изменений обилия взрослого минтая в АНР, однако по траловым данным хорошо описывается сезонная динамика взрослого минтая в АНР (см. гл. 5). Также стоит отметить, что акустические оценки биомассы минтая в АНР, как правило, ниже тех, что приводят, опираясь на траловые данные, – $1,0\text{--}2,0\text{ млн т}$ [Степаненко, Грицай, 2013, 2016], однако данное занижение является систематическим и на анализ межгодовой динамики обилия не влияет. Применимость акустических оценок подтверждает также и показатель улова на усилие

минтая добывающим флотом [Грицай, Степаненко, 2022], который сильно коррелирует с оценками биомассы минтая акустическим методом ($K = 0,8$) (рис. 7.2.2).

Акустические оценки молоди минтая для АНР имеют отрывочный характер. Траловые данные указывают на период повышенной биомассы сеголеток в АНР в 1997–2000 и 2011–2018 гг., в период же 2002–2010 гг. оценки биомассы сеголеток были низкими (см. рис. 7.2.1), однако к этим данным нельзя относиться как к достоверному индикатору, так как сеголетки образуют плотные локальные скопления [Кузнецов и др., 2004] и их уловы сильно изменчивы.

Объяснению причин изменчивости обилия минтая в АНР посвящен большой ряд работ. Большинство исследователей достигнуто консенсус насчет популяционной принадлежности минтая в АНР, а именно о подавляющем преобладании восточноберингоморской популяции минтая [Фадеев, 1991; Шунтов и др., 1993; Борец и др., 2002; Зверькова, 2003; Кузнецов и др., 2013; Степаненко, Грицай, 2016], особи которой совершают нагульные миграции в АНР. Доля минтая местного происхождения в АНР существенно ниже [Фадеев, 1991; Шунтов и др., 1993; Булатов, 2004; Датский, 2004]. Существует, однако, точка зрения о наличии локальной и достаточно мощной группировки наваринского минтая, выделяемой даже в отдельную популяцию [Глубоков, Котенёв, 2006], на наш взгляд, данные выводы не соответствуют действительности. Дискуссионным остается также вопрос о причинах изменчивости уровня миграции минтая в АНР, а также в глубоководные котловины моря. В.П. Шунтов с соавторами [1993] убедительно показали, что, например, в глубоководную часть моря минтай мигрировал будучи в состоянии сверхвысокой биомассы – более 20 млн т. При умеренном уровне численности (около 10 млн т) минтай мигрирует преимущественно только в АНР.

Дискуссионным остается вопрос о значении кормовых условий для масштабов и сроков миграции восточноберингоморского минтая в российские воды. Ряд авторов считают, что при относительно низкой концентрации зоопланктона крупной фракции обратные миграции минтая из российских вод начинаются раньше [Степаненко, Грицай, 2013, 2016; Зуенко, Басюк, 2017]. В работе Ю.А. Зуенко и Е.О. Басюка [2017] определяющая роль в успешности нагула минтая в АНР отводится адвекции эвфаузииды *Thysanoessa inermis* из сопредельных акваторий восточной части моря.

Выводы о лимитирующей роли концентрации зоопланктона для нагула минтая в российских водах подвергаются обоснованной критике [Шунтов, 2016б, 2017] и не выглядят убедительными как по причине небольшого временного промежутка анализируемых данных (2011–2015 гг.), так и по самой трактовке межгодовой динамики зоопланктона и значении отдельных видов в питании минтая. *Th. inermis* является не самым массовым видом в сообществе зоопланктона АНР [Волков, 2012б, 2015а], другие виды эвфаузиид в АНР не менее многочисленны [Волков, 2016а]. Также *Th. Inermis* не является и доминирующим видом в питании минтая [Волков, 2015б, 2016а; Шунтов, 2016б]. В многочисленных работах показана высокая пищевая пластичность минтая [Dwyer et al., 1987; Волков и др., 1990; Шунтов и др., 1993; Напазаков и др., 2001; Зверькова, 2003; Чучукало, 2006] и способность переключаться с одних пищевых объектов на другие.

В этом отношении наиболее показательны выглядят результаты по питанию минтая в восточной части Берингова моря в теплый (2001–2006 гг.) и холодный (2007–2012 гг.) периоды. В первом случае в связи с пониженным обилием крупной фракции зоопланктона и наиболее энергоёмких видов (*Calanus marshallae*, *Themisto libellula*, *Thysanoessa raschii*, *Th. inermis*) в питании минтая и ряда других крупных рыб преобладали сеголетки минтая, в холодный период – зоопланктон крупной фракции [Coyle et al., 2011; Eisner et al., 2014, 2016; Волков, 2012а, в, 2014; Волков, Кузнецова, 2013]. Возвращаясь к АНР, также стоит отметить, что, например, в 2003 г. запасы кормового зоопланктона здесь находились на среднем или ниже среднего уровне [Волков, 2014], при этом заход минтая был максимальным за весь период акустических исследований [Кузнецов и др., 2013]. Обратная ситуация наблюдалась в 2007 и 2009 гг., когда миграции минтая в АНР были менее выражены, а концентрация зоопланктона была высокой.

В рамках данной работы автор не ставит целью поставить точку в вопросе выявления причин изменчивости уровня миграции минтая в АНР, но хотел бы выделить некоторые выявленные взаимосвязи между уровнем биомассы минтая в АНР и рядом показателей (см. рис. 7.2.2). Анализ корреляционных связей между биомассой минтая в АНР (по данным акустических оценок) и рядом предикторов показал, что отмечается средняя положительная связь с запасом минтая в восточной части моря ($K = 0,32$), отрицательная связь с уровнем ледовитости в АНР в предшествующую зиму ($K = -0,51$), положительная связь с температурой поверхности АНР в летне-осенний период ($K = 0,39$),

которая в свою очередь сильно скоррелирована с температурой придонного слоя [Кузнецов и др., 2013; Зуенко, Басюк, 2017; Ianelli et al., 2021], сильную положительную связь с величиной потока Аляскинского течения на разрезах 174 и 181° в.д. При этом не отмечено корреляции с уровнем биомассы кормового зоопланктона в АНР (рис. 7.2.2).

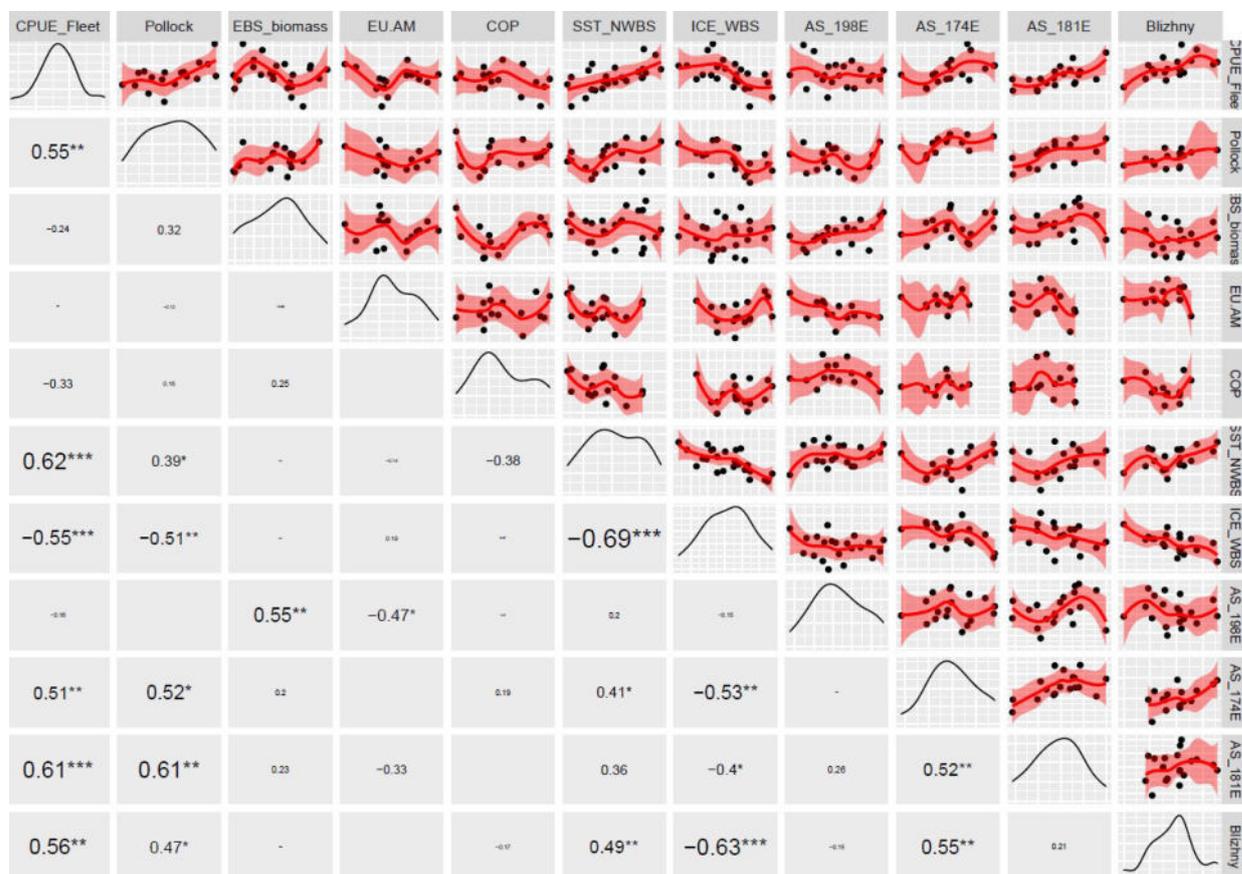


Рис. 7.2.2. Зависимость обилия минтая в анадырско-наваринском районе Берингова моря (АНР) от ряда факторов: *CPUE_Fleet* – улов на усилие добывающим флотом в АНР, *Pollock* – концентрация взрослого минтая в АНР по данным акустических съемок, *EBS_biomass* – биомасса минтая (возраст 3+) в восточной части Берингова моря [Ianelli et al., 2021], *EU_AM* – концентрация эвфаузиид и амфипод в АНР в летне-осенний период, *Cop* – концентрация копепод в АНР в летне-осенний период, *SST_NWBS* – температура поверхности в АНР в летне-осенний период, *ICE_WBS* – площадь распространения льда в западной части Берингова моря в марте, остальные обозначения как на рис. 7.1.3. Данные преобразованы методом Бокса-Кокса для приведения к нормальному распределению

При построении регрессионной модели (как линейной, так и аддитивной) зависимости обилия минтая в АНР от выявленных выше предикторов выяснилось, что значимое влияние оказывали уровень ледовитости в АНР (p -value = 0,004), биомасса всей популяции минтая в восточной части Берингова моря (p = 0,035) и интенсивность АТ на разрезе 174° в.д. (p = 0,01), модель «объясняла» 87,3 % дисперсии обилия взрослого минтая в АНР. При этом не выявлено достоверного влияния обилия кормового зоопланктона в АНР (p = 0,36). Влияние АТ на разрезе 174° в.д. объясняется

тем, что при его интенсификации увеличивается заток вод в Берингово море через прол. Ближний, что в свою очередь влияет на увеличение температурного фона и ослабление уровня распространения льда.

Отчетливо действие вышеуказанных условий на распространение минтая в АНР приведено на рис. 7.2.3. При различном сочетании плотностного и температурного факторов распределение минтая в сентябре также различалось. Минимальное проникновение минтая в российские воды отмечено в 2009 г., когда наблюдался суровый ледовый режим в предшествующую зиму и относительно низкий запас восточноберингоморской популяции. Наиболее плотные концентрации и более широкое распространение минтая в АНР отмечено в 2003 г. при сочетании мягких термических условий и высокой биомассы популяции. Что характерно, распространение минтая в 2012 г. при суровом термическом режиме, но высокой численности было бóльшим, чем в 2010 г., когда холодное пятно придонной температуры было развито слабо, но численность популяции оставалась на пониженном уровне.

Таким образом, 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). Ледовитость в АНР в свою очередь обуславливается интенсивностью проникновения тихоокеанских вод через проливы Алеутской гряды и прол. Ближний, т.е. при его увеличении ледовитость в АНР снижается, при ослаблении, наоборот, увеличивается. В этом отношении полученные данные подтверждают вывод о факторах миграции минтая, сделанный ранее [Кузнецов и др., 2006, 2013; Степаненко, Грицай, 2013, 2016]. Однако отсутствие связи с уровнем обилия кормового зоопланктона опровергает предположение о существенной роли запаса кормового зоопланктона для сроков и величины миграций минтая в АНР [Степаненко, Грицай, 2016; Зуенко, Басюк, 2017]. В разделе 4.3 и главе 6 показано, что в АНР в среднем потребляется 30–50 % продукции кормового зоопланктона как в межгодовом, так и в сезонном аспектах, что позволяет видам, нагуливающимся в данном районе, проявлять избирательность в питании.

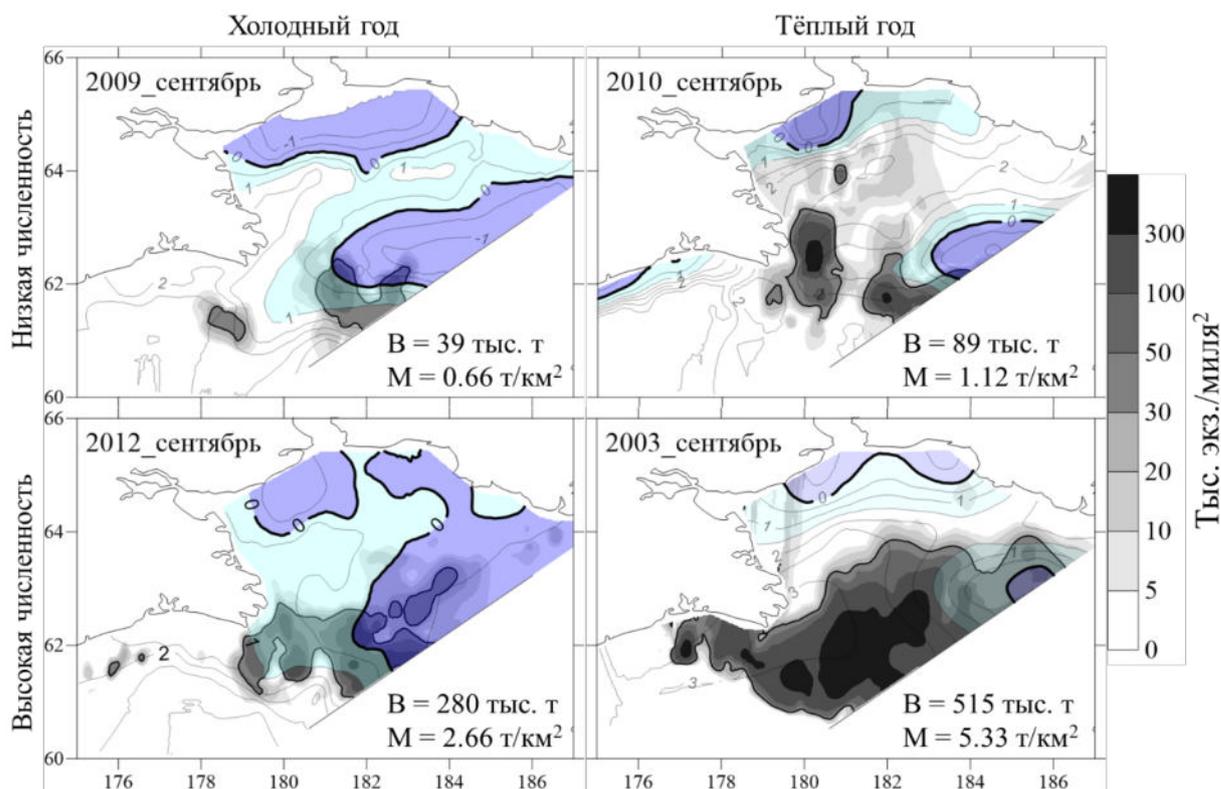


Рис. 7.2.3. Распределение пелагических скоплений минтая (без сеголеток) (тыс. экз./миллион²) и придонной температуры в АНР в сентябре в холодные (слева) и теплые (справа) годы при низкой (вверху) и высокой (внизу) численности восточноберингоморской популяции. 2009 и 2010 гг. – фактические наблюдения, 2012 г. – среднее за июль и октябрь, за 2003 г. – среднее за август и октябрь [Кузнецов и др., 2006, 2013; Поляничко, Кузнецов, 2022]

7.3 Сельдь и мойва

Учитывая поведенческие особенности данных видов, а именно образование ими плотных локальных скоплений и косяков [Качина, 1981; Blaxter, Hunter, 1982], сложно достоверно оценить межгодовые изменения их обилия без проведения регулярных специализированных съемок. В траловых уловах при проведении лососевых и минтаевых съемок сельдь и мойва в уловы попадают крайне нерегулярно. Тем не менее, учитывая те данные, что имеются по выполненным съемкам можно отметить некоторые особенности, зафиксированные более чем за двадцатилетний период.

Отмечено общее совпадение трендов в изменении индекса обилия сельди как в глубоководных районах вместе с карагинско-корякским шельфом (рис. 7.3.1, А), так и в АНР (рис. 7.3.1, Б). Начиная с 2002 г. биомасса и встречаемость сельди в уловах увеличивались, достигнув максимума в 2010 г. В этот год крупных особей сельди наблюдали повсеместно в Алеутской котловине [Шунтов, 2016а] в ходе выполнения лососевой съемки в верхней эпипелагиали, также в 2010 г. была проведена съемка по учету сельди в ККШ и АНР. Суммарная биомасса сельди в 2010 г. была оценена в 1,09

млн т (113 тыс. т – Олюторский залив, 271 тыс. т – корякский шельф и свал, 673 тыс. т – АНР, 35 тыс. т – Алеутская котловина), что соответствует оценкам, приведенным на рис. 7.3.1, если их перевести в тотальные величины. В 2012–2014 гг. отмечался спад биомассы сельди при среднем уровне встречаемости в уловах. В последующем высокие значения обилия отмечались в 2015, 2018 и 2021 гг., но с трендом на снижение по данным тралово-акустических съемок [Нагульная сельдь ..., 2019].

Наиболее вероятно, что рост индекса обилия сельди в АНР, а также частично в глубоководных районах и на корякском шельфе связан с ростом численности восточноберингоморских популяций сельди [Шунтов, 2016а ; Лобода, Жигалин, 2017] и периодическим выносом молоди карагинской сельди в Командорскую котловину [Шунтов, 2016а]. При этом прямой зависимости индекса обилия сельди в АНР от запасов нерестовой части популяции восточноберингоморских стад не отмечено, также отсутствует связь и с динамикой обилия кормового зоопланктона (рис. 7.3.1, В).

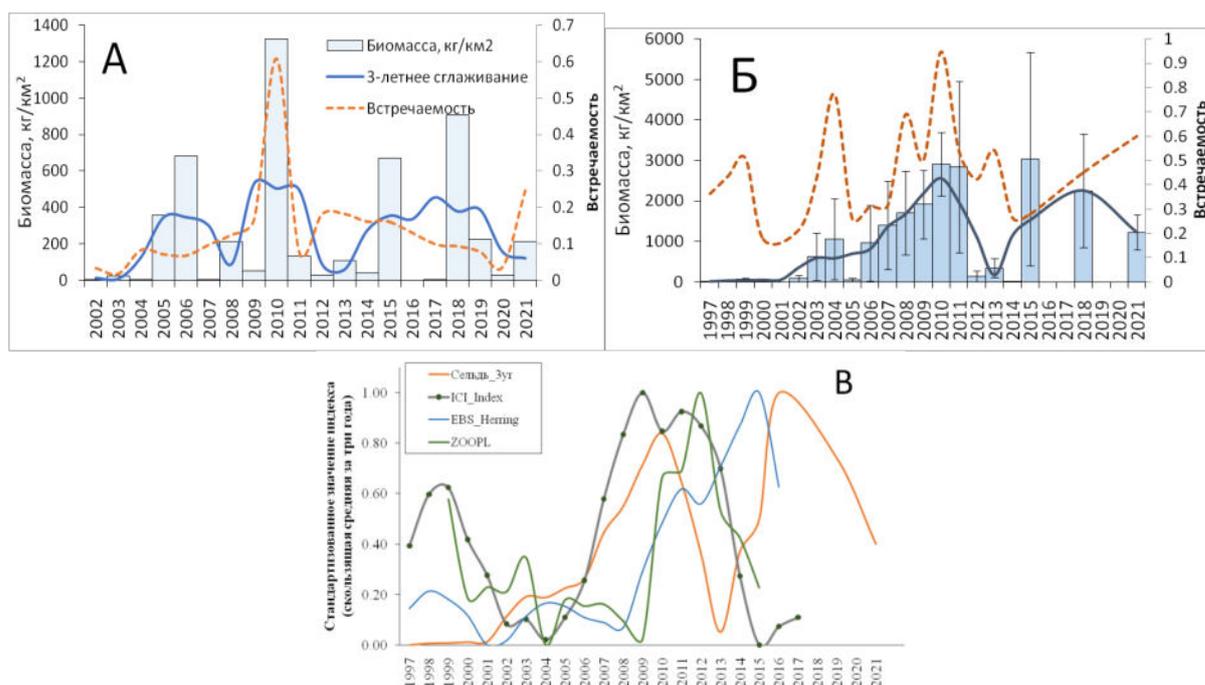


Рис. 7.3.1. Межгодовая динамика индекса биомассы сельди в глубоководных районах и на карагинско-корякском шельфе (А), в анадырско-наваринском районе (Б) и соотношение стандартизованного показателя биомассы сельди в АНР и ряда факторов (В)

В динамике биомассы мойвы в АНР за все время наблюдений прослеживалось два периода повышенной биомассы: в 1999–2003 гг., когда на локальных участках в районе мыса Наварин ее биомасса достигала 2–8 т/км², и в 2013–2015 гг., когда биомасса мойвы находилась на уровне 0,5–2,0 т/км² (рис. 7.3.2). Встречаемость мойвы в уловах на протяжении рассматриваемого периода находилась на относительно стабильном уровне

40–60 % за исключением 2004 г., когда мойва была отмечена лишь в 15 % уловов. Тем не менее на основании имеющихся данных судить о тотальной биомассе мойвы в АНР нельзя, так как в ходе траловых съемок неисследованной оставалась прибрежная зона в пределах 12 миль. Также в отдельные годы тралениями не была охвачена северная часть Анадырского залива.

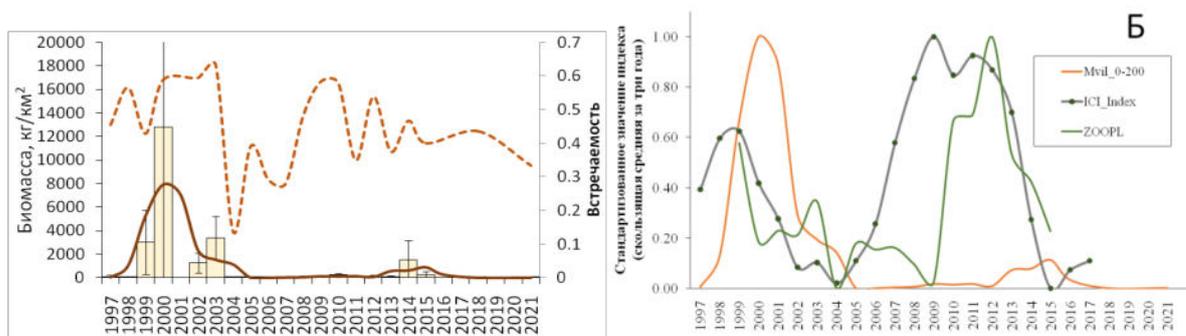


Рис. 7.3.2. Межгодовая динамика индекса биомассы мойвы в анадырско-наваринском районе (А) и соотношение стандартизованного показателя биомассы сельди в АНР и ряда факторов (Б)

7.4 Кальмары и мезопелагические рыбы

Кальмары и мезопелагические рыбы играют определяющую роль в сообществе nektona мезопелагиали и батипелагиали, но также их роль значительна и в верхней эпипелагиали [Радченко, 1992; Сомов, 2014]. В отличие от тихоокеанских лососей, кальмары и мезопелагические рыбы не являются такими же активными горизонтальными мигрантами, они полупассивно переносятся водными массами в ЗЧБМ. В связи с этим динамика их биомассы в верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря наиболее вероятно связана как с уровнем их общей численности в нижележащих слоях, так и с величиной их привноса течениями. Следует иметь в виду, что мезопелагические рыбы и большинство кальмаров являются вертикальными мигрантами и оценки их обилия в верхней эпипелагиали являются лишь «верхушкой айсберга» и могут лишь косвенно отражать динамику их общей биомассы во всей пелагиали.

Так, в динамике биомассы северного кальмара в верхней эпипелагиали за 2002–2021 гг. отмечался общий тренд снижения биомассы, но при этом наблюдались периодические (5–6 лет) колебания численности с пиками биомассы в 2003, 2008, 2014, 2019 гг. (рис. 7.4.1). Сравнение динамики обилия северного кальмара в ЗЧБМ с рядом региональных климато-океанологических факторов (интенсивность течения ЦБТ, ледовитость в предшествующую зиму, толщина верхнего изотермического слоя) не

выявило какой-либо зависимости, но при этом отмечена сильная негативная связь с интенсивностью Аляскинского течения на разрезе 174° в.д. и отсутствие таковой с расходом в прол. Ближнем. Подобная отрицательная корреляция с интенсивностью АТ на разрезе 174° в.д. наблюдалась также для нагульных лососей.

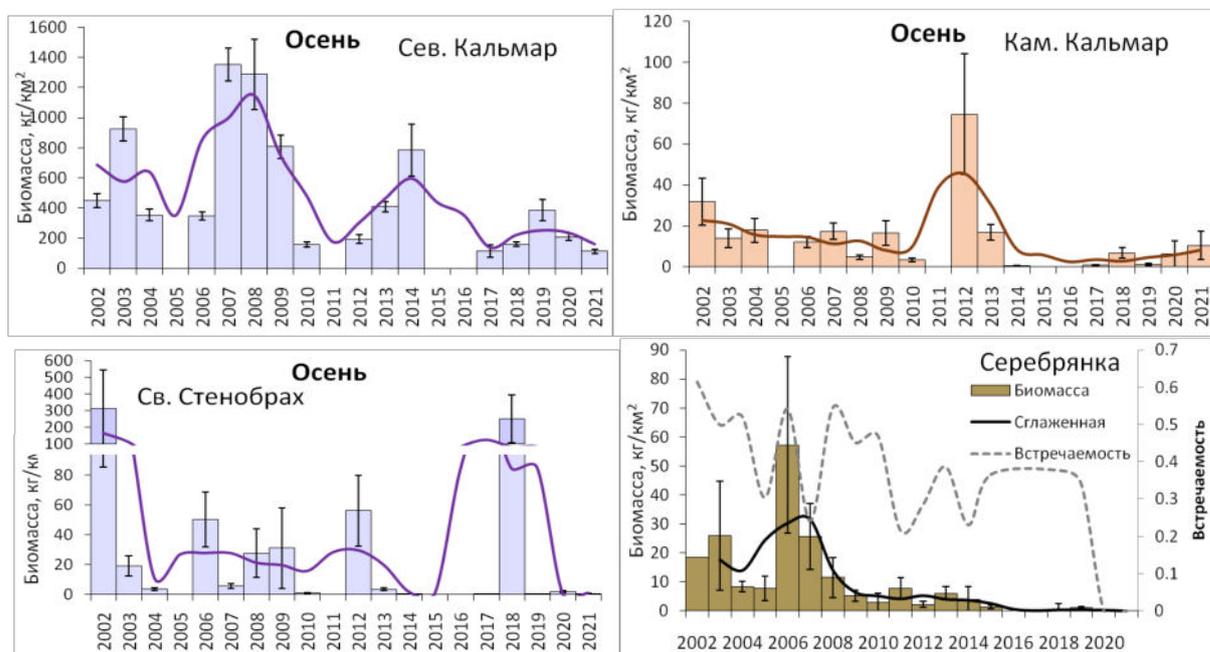


Рис. 7.4.1. Межгодовая динамика индекса обилия массовых видов кальмаров и мезопелагических рыб в глубоководных котловинах западной части Берингова моря

У другого массового вида кальмаров в верхней эпипелагиали глубоководных районов – камчатского – в динамике обилия наблюдался общий тренд на снижение с 2002 по 2011 г., а с 2013–2014 гг. по настоящее время – рост обилия (рис. 7.4.1). В 2012 г. наблюдался отдельный пик обилия камчатского кальмара, когда его биомасса достигала 80 кг/км².

Динамика обилия светлоперого стенобраха в верхней эпипелагиали существенно колебалась в период 2002–2012 гг., в последние годы, за исключением 2018 г., его обилие крайне низкое (рис. 7.4.1).

Работы по экологии данного вида в Беринговом море указывают на то, что его биомасса напрямую зависит от уровня его численности в северной части Тихого океана, так как обеспечивается за счет переноса молоди [Радченко, 1994, 2021; Баланов, 1995].

Несмотря на то что уровень обилия стенобраха в верхней эпипелагиали – это лишь малая часть всех его запасов в пелагиали, снижение уровня обилия в верхней эпипелагиали может являться отражением уменьшения его обилия и в нижележащих слоях. Косвенным подтверждением снижения запасов светлоперого стенобраха в северной Пацифике являются данные зимних экспедиций в 2019 и 2020 гг. Так, по

Радченко, 1994, 2021; Баланов, 1995] ведущую роль в сообществе мезопелагических рыб в настоящее время играет западная тарлетонбения (*Tarletonbeania crenularis*), при этом в более ранних сводках по составу и биомассе мезопелагических рыб в северо-восточной Пацифике по биомассе доминировал светлоперый стенобрах [Pearcy et al., 1977, 1979 Beamish et al., 1999;; Raring, Stevenson, 2010].

Обилие дальневосточной серебрянки с 2002 г. возрастало, достигнув пика в 2006 г. – 57 кг/км², в дальнейшем наблюдался резкий спад биомассы к 2010 г. до уровня 2–4 кг/км², после 2014 г. биомасса серебрянки оценивалась на уровне до 1 кг/км², а в последние годы в уловах не отмечалась вовсе (рис. 7.4.1). Как и в случае с другими видами, совершающими вертикальные миграции, основные запасы серебрянки находятся в нижележащих слоях, однако отмеченное снижение ее обилия в верхней эпипелагиали, вероятно, свидетельствует и о сокращении ее запасов в нижней эпипелагиали и мезопелагиали. При отсутствии многолетних данных о ее биомассе в мезопелагиали судить о причинах резкого уменьшения ее обилия в современный период не представляется возможным.

Более того, необходимо отметить, что в конце прошлого века (конец 1980-х – начало 1990-х гг.) при экосистемных исследованиях дальневосточных морей работы проводились не только в верхней эпипелагиали, как в настоящее время, а до глубины 1000 м. В результате были получены абсолютно новые данные о составе, структуре и биомассе нектонного сообщества не только эпипелагиали [Радченко, 1994; Лапко, 1996; Иванов, 1998; Иванов, Суханов, 2002; Суханов, Иванов, 2009], но и мезопелагиали [Баланов, 1995; Ильинский, 1998] дальневосточных морей. В настоящее время таких данных нет и реально судить о тенденциях в динамике не представляется возможным, данных, получаемых в ходе верхнеэпипелагических съемок, для этого недостаточно. Учитывая растущий интерес к запасам биологических ресурсов мезопелагиали, которые, судя по всему, превышают все ныне эксплуатируемые запасы водных биоресурсов, исследования мезопелагических сообществ следует возобновить.

7.5 Прочие массовые виды

Среди прочих видов нектона, массово встречающихся в верхней эпипелагиали западной части Берингова моря, следует отметить молодь северного однопёрого

терпуга, трёхиглую колюшку и виды-мигранты южнобореально-субтропического комплекса (сайра, морской лещ и сардина).

Северный одноперый терпуг массово встречался в уловах в начале 2000-х гг. Например, в 2002 г. его биомасса превышала 1000 кг/км^2 , а в 2003–2004 гг. – $150\text{--}300 \text{ кг/км}^2$. Молодь северного одноперого терпуга, которая учитывается в верхней эпипелагиали западной части Берингова моря, принадлежит популяциям Алеутских островов, а также северных Курильских островов и восточной Камчатки [Мельников, Ефимкин, 2003]. В первом случае молодь попадает в Аляскинский круговорот и заносится в Берингово море через проливы Алеутской гряды, во втором случае молодь попадает в действие северной части Западного субарктического круговорота и также заносится в западную часть Берингова моря через прол. Ближний. Вероятно, что пик молоди в начале 2000-х гг. связан с рядом урожайных поколений 1998–2001 гг. на Алеутских островах [Lowe et al., 2021], а также с ростом биомассы курило-камчатской популяции [Золотов и др., 2015]. В последующие годы биомасса молоди северного одноперого терпуга в верхней эпипелагиали ЗЧБМ находилась на уровне, не превышая 100 кг/км^2 (рис. 7.5.1), что в целом соответствует снижению запасов обеих популяций [Золотов и др., 2015; Lowe et al., 2021].

Трёхиглая колюшка, как отмечено в главе 5, встречается преимущественно в Командорской котловине с наибольшими концентрациями в присваловых районах близ Карагинского залива. В межгодовой динамике биомассы данного вида в верхней эпипелагиали отмечена цикличность с периодичностью 6–8 лет: так, пиковые значения биомассы отмечались в 2006, 2014 и 2020 гг., когда биомассы превышала 20 кг/км^2 (рис. 7.5.1). В остальные годы биомасса трёхиглой колюшки не превышала $5\text{--}10 \text{ кг/км}^2$.

В отдельные годы существенным компонентом нектонного сообщества в верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря являлись виды-мигранты южнобореально-субтропического комплекса [Глебов и др., 2010], наиболее массовые среди которых сардина, сайра и морской лещ. Сайра наблюдалась в Беринговом море в 2003, 2006, 2008, 2012–2014, 2018–2021 гг. с наибольшим проникновением в Командорскую котловину в 2006, 2012 и 2013 гг. Морской лещ наблюдался в уловах в западной части Берингова моря в 2006, 2008, 2014, 2018, 2019 и 2021 гг. Сардина впервые за всю историю наблюдений отмечена в Беринговом море в 2018 г. [Старовойтов и др., 2018], а также в 2021–2022 гг.

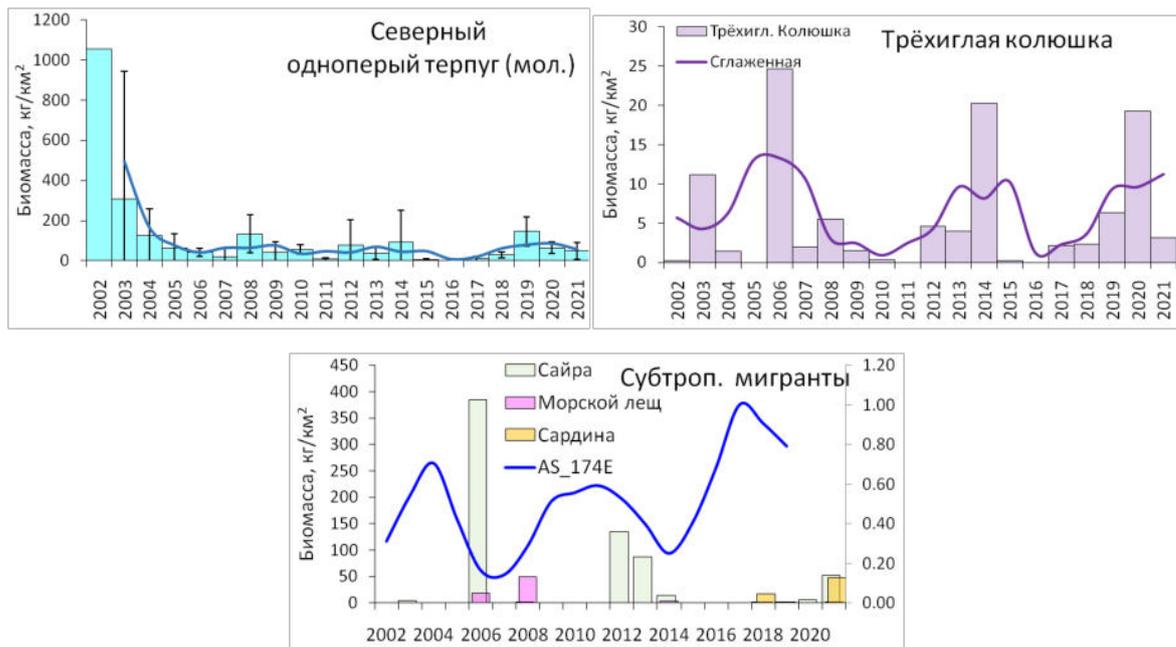


Рис. 7.5.1. Межгодовая динамика индекса биомассы молоди северного одноперого терпуга (слева), трёхиглой колюшки (справа) и видов – субтропических мигрантов (внизу) в глубоководных котловинах западной части Берингова моря. Линия – интенсивность переноса вод Аляскинским течением на разрезе 174° в.д.

Очевидно, что миграции низкобореально-субтропических видов связаны в первую очередь с уровнем численности основных популяций в северо-западной части Тихого океана [Шунтов, 2016а; Шунтов, Иванов, 2019, 2021] и в меньшей степени в связи с термическим режимом и интенсивностью Западного Субарктического круговорота [Глебов и др., 2010]. Оценки запаса и вылов сайры были максимальными для периода 2000–2014 гг. и составляли соответственно 1–2 млн т и 300–600 тыс. т, в последующие годы запасы сайры и её вылов существенно снизились и в 2021 г. составили 540 и менее 100 тыс. т [Small Scientific Committee ..., 2021].

Тем не менее массовые миграции сардины в прикурильские воды Тихого океана начали отмечаться с 2014 г., когда впервые были зафиксированы при учётных съёмках в прикурильских водах СЗТО [Хоружий и др., 2015; Ivanov, Khoruzhiy, 2019; Шунтов, Иванов, 2021]. В настоящее время запасы и численность сардины растут (материалы двустороннего Российско-Японского совещания по сардине, 2021), что означает наступление очередной вспышки ее численности [Шунтов, Иванов, 2021]. Помимо влияния общего уровня численности сайры и сардины на их миграции в Беринговом море, также стоит отметить, что уловы низкобореально-субтропических видов отмечались на фоне усиления переноса Аляскинским течением на разрезе 174° в.д. (рис. 7.5.1).

7.6 Видовая структура nektonного сообщества

В верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря биомасса nekтона в текущем столетии имела отчетливый отрицательный тренд (рис. 7.6.1), связанный прежде всего со снижением интенсивности миграций в западную часть Берингова моря нагульных тихоокеанских лососей и уменьшением биомассы северного кальмара [Somov, 2017]. Так, в начале 2002–2007 гг. средняя биомасса nekтона составляла около 2007 кг/км², а в 2017–2021 гг. – 925 кг/км², т.е. произошло двукратное снижение. При этом на фоне общего уменьшения биомасса изменялась волнообразно, с периодами резкого снижения обилия и последующим ростом, что также связано с волнообразным изменением обилия тихоокеанских лососей и северного кальмара.

Состав и соотношение доминирующих видов в сообществе nekтона верхней эпипелагиали глубоководных районов западной части Берингова моря принципиальных изменений не претерпевали (рис. 7.6.1). Взрослая нагульная кета и северный кальмар на протяжении всего исследуемого периода занимали первое и второе места по уровню обилия, при этом в отдельные годы биомасса северного кальмара была выше. В последние годы наблюдается увеличение доли сеголеток горбуши в четные годы до 20 % и снижение доли мезопелагических видов до долей процентов (за исключением 2018 г., когда была учтена высокая биомасса стенобраха). В отдельные годы существенную долю в nekтоне занимали виды-мигранты низкобореально-субтропического комплекса, например в 2006, 2012–2013, 2018, 2021 гг. Также в 2010, 2015, 2020 и 2021 гг. наблюдалась значительная доля в nekтоне сельди.

На фоне уменьшения биомассы nekтона в верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря показатель видового разнообразия Симпсона и индекс выравненности видовой структуры Пиелу, наоборот, увеличивались (рис. 7.6.1). Это свидетельствует о том, что видовая структура в последние годы приобретает более выровненный характер из-за снижения обилия доминирующих видов (кеты, нерки, северного кальмара) и увеличения биомассы горбуши, а также миграций видов низкобореально-субтропического комплекса.

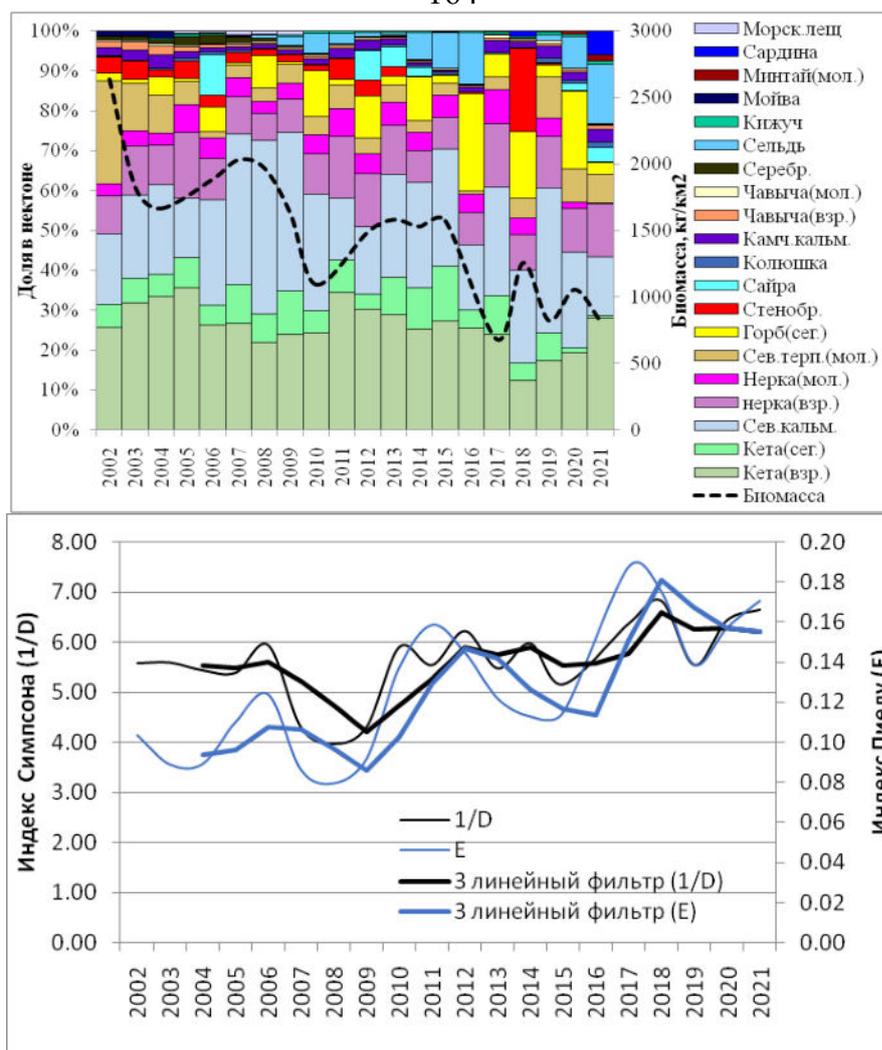


Рис. 7.6.1. Межгодовая динамика (сглаженные данные за три года) видовой структуры нектона (**вверху**) и показателей видового разнообразия и выравнивания видовой структуры (**внизу**) в верхней эпипелагиали (0–50 м) глубоководных котловин западной части Берингова моря в осенний период

Таким образом, видовая структура нектона верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря за исследуемый период (2002–2021 гг.) была относительно стабильной, но с плавным увеличением видового разнообразия и выравнивания видовой структуры на фоне общего снижения обилия доминирующих видов нектона. Для сравнения сообщество нектона в прикурильских водах Тихого океана в летне-осенний период существенно изменилось после 2014 г., когда начали отмечаться массовые нагульные миграции японской скумбрии и сардины, также увеличилось обилие мезопелагических рыб, в частности японского нотоскопела (*Notoscopelus japonicus*). При этом доля сайры и анчоуса в сообществе, которые считаются альтернативными видами для скумбрии и сардины, сократилась до долей процентов. Характер видовой структуры в прикурильских водах Тихого океана изменился от олигодоминантного типа к бидоминантному [Ivanov, Khoruzhiy, 2019].

В эпипелагиали анадырско-наваринского района Берингова моря в летне-осенний период 1999–2021 гг. общая биомасса nekтона, так же как и в районе глубоководных котловин, имела общий тренд на снижение (рис. 7.6.2). Однако характерной особенностью данного района являлось значительное уменьшение биомассы в 2005–2009 гг. до 5000 кг/км^2 , когда в 1999–2004 гг. биомасса nekтона составляла в среднем 19500 кг/км^2 . В 2010–2018 гг. средняя биомасса nekтона возросла до 14800 кг/км^2 , однако в 2021 г. она была оценена в 2600 кг/км^2 . Изменения траловых оценок биомассы nekтона в АНР обусловлены прежде всего оценками биомассы минтая, который занимал до 70 % биомассы nekтона, а с учетом сеголеток – до 94 %. Стоит отметить, что в период 1999–2004 гг. существенную долю в nekтоне занимали сайка и мойва (рис. 7.6.2). В период 2005–2012 гг. и в 2021 г., когда траловые оценки минтая находились на низком уровне, доля сельди в nekтоне была весьма значительной (в среднем 23 %). Также в 2004–2009 гг. доля кеты достигала 4–10 % биомассы nekтона.

Индексы видового разнообразия и выравненности видовой структуры характеризовались трендом на снижение (рис. 7.6.2).

Таким образом, в качестве заключения к главе, необходимо выделить следующие моменты. В верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря в период 2002–2021 гг. отмечено снижение общей биомассы nekтона на фоне роста индексов видового разнообразия и выравненности видовой структуры. Данные изменения обусловлены по большей частью изменчивостью интенсивности миграций нагульных тихоокеанских лососей (кета, нерка и чавыча) из сопредельных акваторий в летне-осенний период, а именно их снижением. Интенсивность миграций тихоокеанских лососей в западную часть Берингова моря зависит как от общей численности основных стад, которые нагуливаются в Беринговом море, так и от интенсивности водообмена с Тихим океаном [Хен, Заволокин, 2015]. Учитывая общий характерный тренд последних лет на снижение запасов отдельных крупных стад кеты, нерки и чавычи, ожидается, что в среднесрочной перспективе (5–10 лет) интенсивность миграций нагульных лососей в Берингово море вряд ли будет увеличиваться. Однако в последние три года отмечается тенденция на рост вылова кеты на охотоморском и япономорском побережьях о. Хоккайдо.

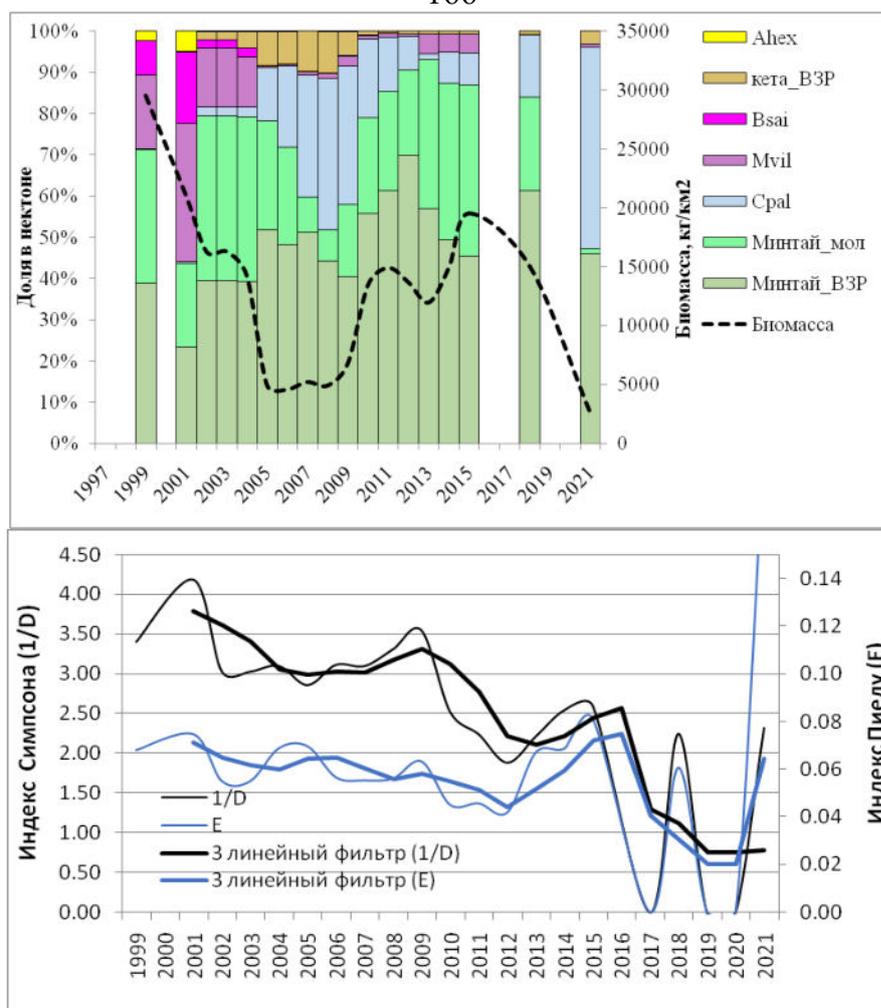


Рис. 7.6.2. Межгодовая динамика (сглаженные данные за три года) видовой структуры нектона (**вверху**) и показателей видового разнообразия и выравненности видовой структуры (**внизу**) в эпипелагиали (0–200 м) анадырско-наваринского района Берингова моря в летне-осенний период

Стоит подчеркнуть, что урожайность поколений тихоокеанских лососей определяется не в морской и океанический периоды жизни, а в первую очередь на нерестовом фонде (осенне-зимне-ранневесенний период) и в прибрежно-эстуарной зоне (вторая половина весны — начало лета) [Шунтов, Иванов, 2019]. Изменения численности различных стад тихоокеанских лососей заключаются в комплексном влиянии биотических, абиотических, эндогенных и популяционных факторов на ранних этапах онтогенеза. Выявление конкретных механизмов действия этих факторов – вопрос дискуссионный и находится за рамками данного исследования.

Отмеченные отрицательные тренды обилия других массовых видов (северный кальмар, мезопелагические виды, молодь северного одноперого терпуга) также предполагают, что в ближайшие годы уровень биомассы нектона в верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря увеличиваться не будет.

Возросшая роль восточнокамчатской горбуши в нектоне, молодь которой в нечетные годы занимает значимую долю в нем, а также участвовавшие миграции видов низкобореально-субтропического комплекса (сайра, сардина, морской лещ), тем не менее, не могут сгладить общий тренд на снижение биомассы нектона в верхней эпипелагиали глубоководных районов. Это связано с тем, что присутствие горбуши (сеголеток осенью и преднерестовых особей летом) и южных мигрантов в западной части Берингова моря кратковременно по сравнению с другими массовыми видами верхней эпипелагиали.

Очевидно, что фактор обилия кормовых ресурсов мало влияет на динамику обилия нектона в верхней эпипелагиали глубоководных котловин, так как доля потребления кормового зоопланктона не превышает 10 %, а с учётом снижения биомассы нектона это соотношение останется на низком уровне, т.е. обеспеченность нектона пищей будет высокой и в будущем.

Так же как и глубоководные районы, эпипелагиаль анадырско-наваринского района является биотопом с выраженной сезонной динамикой нектона, обусловленной нагульными миграциями массовых видов, прежде всего минтая, а также сельди, мойвы, сайки и кеты. В АНР, который функционально является северо-западной периферией экосистемы восточнберингоморского шельфа видовая структура нектона эпипелагиали и её межгодовая динамика имеют свои особенности. Доминирующую роль в нектоне эпипелагиали играет минтай восточнберингоморской популяции. Судя по динамике акустических оценок его биомассы, в последние годы наметился рост уровня его миграций в АНР после спада в 2007–2015 гг. Этот рост согласуется с увеличением биомассы всего восточнберингоморского минтая, а также со снижением уровня ледовитости в АНР и во всем Беринговом море в целом.

Однако, судя по данным специалистов Аляскинского рыбохозяйственного центра [Janelli et al., 2021], в последние 5 лет наблюдается отчетливая тенденция к уменьшению численности минтая и отсутствию урожайного пополнения. Помимо этого, динамика уровня ледовитости Берингова моря в последние два года предполагает наступление в ближайшие годы очередной холодной фазы. Эти два фактора, очевидно, повлияют на снижение интенсивности миграций минтая в АНР в ближайшие годы.

В целом численность восточнберингоморского минтая и появление урожайных поколений североамериканскими специалистами связываются с целым

комплексом факторов, которые сводятся к принципам «контроля сверху» и «контроля снизу». К таким факторам прежде всего относятся величина температуры поверхности воды в юго-восточной части Берингова моря, площади распространения вод остаточного зимнего охлаждения, время таяния льда и начала цветения фито- и зоопланктона, начало становления стратификации вод, направление дрейфа сеголеток и годовиков, пространственное совпадение/несовпадение основных концентраций молоди минтая и взрослых особей [Wyllie-Echeverria, Wooster, 1998; Napp et al., 2000; Hunt et al., 2002, 2011; Mueter et al., 2004, 2006, 2011].

Предсказать изменение всех перечисленных факторов даже на ближайшую перспективу невозможно, однако изменение температуры является ключевым фактором, от которого зависит целый ряд второстепенных. В недавних работах [Mueter et al., 2011; Spencer et al., 2016; Reum et al., 2020] анализируются перспективы изменения запаса восточноберингоморского минтая в связи с различными сценариями изменения климата на основе отчета международной рабочей группы по изменению климата (IPCC) [Stocker et al., 2013]. Предсказывается, что в связи с прогнозируемым увеличением содержания CO₂ в атмосфере и следующим за этим потеплением (и изменением ряда производных факторов среды) уровень пополнения восточноберингоморского минтая в Беринговом море до 2050 г. снизится на 40 %. Это связано с тем, что данными исследователями высказывается мнение, что выживаемость молоди минтая (без учёта прочих факторов) имеет куполообразную зависимость от температуры воды в юго-восточной части Берингова моря [Coyle et al., 2011] и при превышении ее величины 9,4 °C резко снижается [Mueter et al., 2011]. При этом авторы делают оговорку, что степень неопределенности прогнозной модели крайне велика.

Тем не менее подобные трактовки и прогнозы на несколько десятков лет вперед в связи с потенциальными изменениями климата не следует рассматривать всерьез. Во-первых, минтай, который расселен по всей северной Пацифике от акватории Южной Кореи в Азии и Калифорнии в Северной Америке до Чукотского моря, является экологически пластичным видом в отношении выбора как пищевых объектов, так и биотопа с его гидрологическими особенностями [Шунтов и др., 1993], поэтому способен адаптироваться к изменяющимся условиям среды. Во-вторых, как будет изменяться климат в будущем, это большой вопрос, поскольку даже прогноз на ближайшие пять лет имеет настолько широкие доверительные интервалы, что предполагает изменение численности от продолжения падения до ее резкого роста [Janelli et al., 2021].

Согласно некоторым работам [Minobe, 1997; Фролов и др., 2007; Шунтов, Темных, 2011] в настоящее время происходит смена периода потепления на фазу похолодания, а согласно Г.Н. Панину [2009] наблюдаемый линейный рост температуры будет усложнен квазипериодическими изменениями с периодом 30–35 лет. Что интересно, некоторые российские исследователи предполагают, что численность минтая в Беринговом море будет снижаться из-за очередной фазы похолодания, а не потепления [Булатов, 2014; Котенёв и др., 2014].

В-третьих, долговременные прогнозы изменения численности флюктуирующих видов зачастую не оправдываются или сильно ошибаются по срокам, так как основаны на ретроспективном анализе. Например, ранее специалистами ВНИРО на основании данных о цикличности ряда климатических индексов было предсказано снижение запасов тихоокеанских лососей в 2000-е гг. и появление очередной «вспышки» сардины только в 2030-е гг. [Кляшторин, Любушин, 2005]. По факту запасы тихоокеанских лососей многих стад росли как минимум до 2010–2015 гг., запасы горбуши азиатских стад по-прежнему растут, лишь в последние 5–10 лет для многих стад тихоокеанских лососей отмечается тенденция к снижению. Рост численности сардины, а также скумбрии наблюдается с 2014 г., когда они начали совершать массовые заходы на нагул в ИЭЗ РФ [Хоружий и др., 2015; Шунтов, Иванов, 2019, 2021; Ivanov, Khoruzhiy, 2019].

Таким образом, ошибка долгосрочных прогнозов динамики численности массовых флюктуирующих видов может достигать 10–20 лет, а в большинстве случаев они просто не оправдываются. Прогнозы изменения численности таких флюктуирующих видов, как минтай, могут быть относительно точны только в среднесрочной перспективе 3–5 лет [Шунтов, 2016б], так как выполняются путем анализа возрастной структуры популяции.

В.П. Шунтов в ряде работ по динамике численности минтая, тихоокеанских лососей, сардины иваси и других флюктуирующих видов подчеркивает, что эффективность воспроизводства и уровень численности поколений подвержены влиянию комплексного воздействия накладывающихся друг на друга факторов, включающих космофизические, климато-океанологические, биоценологические, популяционные и эндогенные. Эти факторы могут усиливать или нивелировать влияние друг друга. В определенные периоды таких ситуаций может быть больше или меньше, в результате динамика их численности действительно подвержена циклике, но не строгой

ритмичности [Шунтов, Темных, 2011]. Из-за трудности учёта их суммарного действия конкретный ход численности популяций в целом мало предсказуем, поэтому возможно говорить лишь о тенденциях в динамике численности и состоянии популяций [Шунтов, Темных, 2011; Шунтов и др., 1993, 2019; Шунтов, 2016а, б, 2017; Шунтов, Иванов, 2019; Шунтов, Иванов, 2021] и о невозможности экосистемного управления биоресурсами в настоящее время [Шунтов, 2004; Шунтов, Темных, 2013; Иванов, 2017].

В этом отношении прогнозы о тенденциях динамики численности основных массовых видов нектона северной Пацифики [Шунтов, Темных, 2011] по большей части состоялись или близки к действительному развитию событий. Данные, приведенные в настоящей главе, также соотносятся с тенденциями в развитии нектонного сообщества в эпипелагиали западной части Берингова моря.

Очевидно, что и в настоящее время, и в перспективе в эпипелагиали АНР 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 (при похолодании) и тихоокеанские лососи, в частности кета, при условии сохранения уровня ее распространения на нагул в Берингово море. В ККШ среди доминирующих видов будут оставаться сельдь и минтай, и, учитывая, что уровень численности двух видов в западной части Берингова моря схож, они будут периодически сменять друг друга в роли доминирующего вида. В глубоководных районах в ближайшие годы видовая структура нектона не изменится и преобладающую роль в верхней эпипелагиали будут играть тихоокеанские лососи и северный кальмар, в нижней эпипелагиали – светлопёрый стенобрах и северный кальмар. В случае резкого увеличения уровня воспроизводства минтая у о-вов Богослова [Глубоков, 2004; Булатов, 2020] (его уровень к настоящему времени все еще относительно низкий) возможно возобновление массового выхода минтая в глубоководные районы Берингова моря.

Заключение

Прикладной задачей современной ихтиологии и гидробиологии в масштабах больших морских экосистем является стремление к рациональному использованию и сохранению морских биоресурсов путем постепенного перехода от совокупности моновидовых моделей управления к экосистемному подходу в управлении. В настоящее время экосистемное управление биоресурсами с учетом всех взаимосвязей между организмами и средой является неразрешимой задачей [Шунтов, 2004; Шунтов, Темных, 2013; Иванов, 2017]. Тем не менее проведение регулярных комплексных мониторинговых исследований различных биотопов дальневосточных морей и периодическое обобщение многолетних данных является важным шагом на пути к данному переходу. Наиболее важным аспектом изучения морских экосистем является понимание и возможность прогнозирования их состояния в будущем под влиянием изменяющихся климато-океанологических условий.

Широкомасштабные исследования пелагических сообществ западной части Берингова моря были начаты ТИНРО в 1980-е гг. Крупные обобщения по nekтону эпипелагиали и мезопелагиали [Радченко, 1994; Баланов, 1995] были проведены на основе данных конца 1980-х гг. Между тем к настоящему времени был накоплен значительный массив новой информации на фоне изменяющихся условий среды и перестроек в самом сообществе эпипелагиали. Данная работа является обобщением большого массива данных по обилию nekтона западной части Берингова моря в современный период (2002–2021 гг.). Поэтому первоочередная задача исследования заключалась в том, чтобы сравнить сообщество эпипелагиали западной части Берингова моря в современный период с предыдущими (1980-е и 1990-е гг.).

В многолетнем плане произошли заметные изменения в уровне общей биомассы nekтона и перестройки в видовой структуре nekтона. Данные перестройки, прежде всего, связаны с изменением численности и пространственного распределения доминирующих видов: минтая, сельди, тихоокеанских лососей, мойвы, мезопелагических рыб и кальмаров. Наиболее заметно изменения в составе и видовой структуре nekтона проявились в районе глубоководных котловин и на карагинско-коряжском шельфе, который гидрологически тесно связан с глубоководными районами.

Эти изменения, прежде всего, заключались в прекращении к началу 1990-х гг. массовых выходов минтая восточноберингоморской популяции в глубоководные районы, а также в значительном снижении численности минтая западноберингоморской популяции. В 1986–1990 гг. биомасса восточноберингоморского минтая достигала 25 млн т [Шунтов и др., 1993] с последующим уменьшением до уровня 5–10 млн т [Janelli et al., 2017]. На фоне снижения численности минтая после 1986–1990-х гг. (но не в связи) существенно возросли миграции тихоокеанских лососей в западную часть Берингова моря. Главной причиной увеличения обилия лососей в Беринговом море является рост численности основных стад лососей, нагуливающих в Беринговом море. Это связано как с ростом диких популяций, так и усилением искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей. Помимо этого, своё влияние возможно оказывало потепление Берингова моря. В настоящее время тихоокеанские лососи доминируют в нектонном сообществе эпипелагиали западной части Берингова моря. Помимо лососей, к современному периоду увеличилось обилие сельди и мойвы. При этом в анадырско-наваринском районе (АНР) существенных перестроек не отмечалось, и во все периоды здесь преобладал минтай, лишь в 2003–2021 гг. в нектоне стали выраженными доли сельди и тихоокеанских лососей.

Рассматривая состояние зоопланктона как фактора кормовых условий в западной части Берингова моря, каких-либо очевидных тенденций в изменении его обилия не наблюдали [Шунтов, Темных, 2008а; Сетной зоопланктон..., 2016]. Следует отметить, что анализ данных об объемах потребления зоопланктона нектоном показал, что запасов пищи в западной части Берингова моря 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 нектона, которые лимитировали бы их обилие в районе нагула. При этом, несмотря на более суровые условия в северо-западной части Берингова моря по сравнению с восточной, этот район ввиду высоких и стабильных запасов кормовых ресурсов является благоприятным для нагула многих видов: минтай, треска, сельдь, мойва, сайка и др. [Шунтов, 2016а; Шунтов, Иванов, 2019].

В результате регулярных мониторинговых исследований нектона в западной части Берингова моря в 2000-х гг. в течение летне-осеннего периода впервые удалось количественно описать сезонную динамику нектона. Обилие нектона в западной части

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

В динамике видовой структуры в западной части Берингова моря выделяется несколько периодов: весенний, раннелетний, летний, ранне- и позднеосенний. Каждый из этих периодов характеризуется особенностями видового состава доминирующей группы. В глубоководных районах видовая структура изменяется от бидоминантного типа в весенний и раннелетний периоды к полидоминантному в летний и раннеосенний периоды. Поздней осенью видовая структура приобретает олигодоминантный тип. В анадырско-наваринском районе 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 %.

Определяющее влияние на сроки и масштабы миграции оказывают как особенности сезонных перестроек в океанологическом режиме, так и численность самих мигрантов. Основными океанологическими событиями следует считать, а) таяние льдов, определяющее начало интенсивного развития фитопланктона; б) формирование сезонного термоклина, изменяющее структуру эпипелагиали; в) осеннее разрушение термоклина в результате выхолаживания; г) льдообразование, преимущественно в шельфовых районах. Например, в годы с суровой зимой Лаврентьевское пятно холода (ЛПХ) имеет широкое развитие и может существенно препятствовать проникновению минтая в АНР даже в годы его высокой численности или же сместить сроки начала миграции. Наоборот, в теплые годы с мягкой зимой и слабым развитием ЛПХ миграции минтая в АНР могут начаться раньше.

В анадырско-наваринском районе (АНР), где в западной части Берингова моря сосредоточивается наибольшее количество нектона и нагрузка на кормовые ресурсы максимальна, было проведено исследование трофической структуры нектона в сезонном аспекте. Несмотря на значительные объемы выедания пищи (1,0–3,5 млн т/мес. в июле-ноябре), здесь же в максимуме концентрируется и кормовой зоопланктон, продукция которого оценивается 5–7 млн т/мес. в июне-октябре. Основные потоки вещества в трофической структуре нектона замыкались на минтае, но в отдельные месяцы

(сентябрь и октябрь) значительную роль играли мойва и сельдь. Количественные расчеты показали, что у кормовой базы в АНР есть существенный запас, так как nekтоном потребляется в среднем около трети всей кормовой базы и прослеживалась избирательность в питании, несмотря на колоссальные объемы выедания в абсолютных величинах. Также можно заключить, что в течение летне-осеннего периода отмечаются периоды накопления кормовой базы (в начале лета), когда величина выедания низка, и периоды потребления (осень), когда выедание некоторых групп зоопланктона и микронектона превышало их продукцию.

Данные по межгодовой динамике nekтона в современный период позволили оценить особенности его изменчивости и определить тренды изменения обилия массовых видов nekтона и видовую структуру сообщества на ближайшую перспективу. Так, в верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря в период 2002–2021 гг. отмечено снижение общей биомассы nekтона на фоне роста индексов видового разнообразия и выравненности видовой структуры. Данные изменения обусловлены по большей частью изменчивостью интенсивности миграций нагульных тихоокеанских лососей (кета, нерка и чавыча) из сопредельных акваторий в летне-осенний период, а именно их снижением. Интенсивность миграций тихоокеанских лососей в западную часть Берингова моря зависит как от общей численности основных стад, которые нагуливаются в Беринговом море, так и от интенсивности водообмена с Тихим океаном. Учитывая общий характерный тренд последних лет на уменьшение запасов отдельных крупных стад кеты, нерки и чавычи, ожидается, что в среднесрочной перспективе (5–10 лет) интенсивность миграций нагульных лососей в Берингово море не будет увеличиваться.

Отмеченные отрицательные тренды обилия других массовых видов (северный кальмар, мезопелагические виды, молодь северного однопёрого терпуга) также предполагают, что в ближайшие годы уровень биомассы nekтона в верхней эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря увеличиваться не будет, а видовая структура будет сохраняться в том же состоянии, что отмечается в последние десятилетия.

В АНР, который функционально является северо-западной периферией экосистемы восточнoберингомoрскогo шельфа доминирующую роль в nekтоне эпипелагиали играет минтай восточнoберингомoрскогo популяции. Судя по динамике

акустических оценок его биомассы, в последние годы наметился рост уровня его миграций в АНР после спада в 2007–2015 гг. Этот рост согласуется с увеличением биомассы всего восточноберингоморского минтая, а также со снижением уровня ледовитости в АНР и во всем Беринговом море в целом. Однако, судя по данным о состоянии восточноберингоморской популяции, в местах воспроизводства наметилась отчетливая тенденция к снижению численности минтая и отсутствию урожайного пополнения в последние годы. Помимо этого, динамика уровня ледовитости Берингова моря в последние два года предполагает наступление в ближайшие годы очередной холодной фазы. Эти два фактора, очевидно, повлияют на снижение интенсивности миграций минтая в АНР в ближайшие годы.

Очевидно, что и 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 (при похолодании) и тихоокеанские лососи, в частности кета, при условии сохранения уровня ее распространения на нагул в Берингово море. В районе карагинско-корякского шельфа среди доминирующих видов будут оставаться сельдь и минтай, и, учитывая, что уровень численности двух видов в западной части Берингова моря схож, они будут периодически сменять друг друга в роли доминирующего вида. В глубоководных районах в ближайшие годы видовая структура нектона не изменится и преобладающую роль в верхней эпипелагиали будут играть тихоокеанские лососи и северный кальмар, в нижней эпипелагиали – светлопёрый стенобрах и северный кальмар. В случае резкого увеличения уровня воспроизводства минтая у о-вов Богослова [Глубоков, 2004; Булатов, 2020] (его уровень к настоящему времени все еще относительно низкий) возможно возобновление массового выхода минтая в глубоководные районы Берингова моря.

Выводы

1. В эпипелагиали западной части Берингова моря общее зарегистрированное количество видов нектона 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 нектона (индекс Симпсона) наблюдались в Командорской котловине, а наименьшее – в анадырско-наваринском районе (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 карагинско-корякского шельфа (ККШ) распределение видов по биотопическим и зоогеографическим группировкам имеет промежуточный характер.

3. В многолетнем плане в нектоне западной части Берингова моря происходят изменения, и в современный период состав и соотношение массовых видов нектона существенно отличаются от таковых в предшествующие периоды (1986–1990 и 1991–2002 гг.). Наиболее значимые изменения в видовой структуре нектона 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 западной части Берингова моря, которая в свою очередь обуславливается комплексом условий на местах размножения и раннего онтогенеза.

5. Анализ данных об объемах потребления зоопланктона нектоном показал, что запасы кормовой базы в западной части Берингова моря 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 нектона.

6. Сезонные изменения в составе нектонных сообществ проявляются в эпипелагиали западной части Берингова моря 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.

7. Западная часть Берингова моря на большей части акватории является транзитным регионом для нагула целого ряда важных промысловых видов нектона (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 нектона 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 анадырско-наваринском районе уровень обилия нектона 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 литературы

- Аксютина З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях : моногр. М. : Пищ. пром-сть, 1968. 288 с.
- Андрияшев А.П. Очерк зоогеографии и происхождения фауны рыб Берингова моря и сопредельных вод : моногр. Л. : ЛГУ, 1939. 187 с.
- Андрияшев А.П. Рыбы северных морей СССР : моногр. М. ; Л. : АН СССР, 1954. 566 с.
- Арсеньев В.С. Течения и водные массы Берингова моря : моногр. М. : Наука, 1967. 135 с.
- Атлас количественного распределения nekтона в западной части Берингова моря / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. М. : Нац. рыб. ресурсы, 2006. 1072 с.
- Атлас распространения в море различных стад тихоокеанских лососей в период весенне-летнего нагула и преднерестовых миграций / под ред. О.Ф. Гриценко. М.: ВНИРО, 2002. 378 с.
- Байталюк А.А., Давыдова С.В. Распределение и пассивные миграции сайры в северной части Тихого океана // Вопр. рыб-ва. 2002. Т. 3, № 3(11). С. 402–420.
- Баканов А.И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах / Институт биологии внутренних вод АН СССР. Борок, 1987. 63 с. Деп. в ВИНТИ, № 8593-В87.
- Баланов А.А. Питание массовых рыб мезопелагиали Берингова моря // Вопр. ихтиол. 1994. Т. 34, № 2. С. 252–259.
- Баланов А.А. Состав и структура nekтонного сообщества мезопелагиали Берингова моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток : ИБМ ДВО РАН, 1995. 24 с.
- Баланов А.А., Горбатенко К.М. Питание массовых мезопелагических рыб в Беринговом море в осенний период // Комплексные исследования экосистемы Берингова моря. М. : ВНИРО, 1995. С. 344–349.
- Баланов А.А., Ильинский Е.Н. Видовой состав и биомасса мезопелагических рыб Охотского и Берингова морей // Вопр. ихтиол. 1992. Т. 32, № 1. С. 56–63.
- Баланов А.А., Радченко В.И. Состав и распределение рыб в мезо- и батипелагиали Берингова и Охотского морей // Комплексные исследования экосистемы Берингова моря. М. : ВНИРО, 1995. С. 335–343.
- Балыкин П.А. Состояние и ресурсы рыболовства в западной части Берингова моря : моногр. М. : ВНИРО, 2006. 143 с.
- Балыкин П.А., Золотов А.О. Межвидовые отношения гидробионтов как фактор динамики численности // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. 2010. Вып. 17. С. 24–29.

Баталин А.М. О водообмене Берингова моря с Тихим океаном // Тр. ВНИРО. 1964. Т. 49 : Изв. ТИНРО. Т. 51. С. 7–16.

Беринговоморская минтаевая путина – 2022 (путинный прогноз). Владивосток : ТИНРО, 2022. 92 с.

Бирман И.Б. Морской период жизни и вопросы динамики стада тихоокеанских лососей : моногр. М. : Агропромиздат, 1985. 208 с.

Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение : моногр. Владивосток : ТИНРО-центр, 1997. 217 с.

Борец Л.А., Степаненко М.А., Николаев А.В., Грицай Е.В. Состояние запасов минтая в наваринском районе Берингова моря и причины, определяющие эффективность его промысла // Изв. ТИНРО. 2002. Т. 130. С. 1001–1014.

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

Бугаев А.В. Популяционно-биологические исследования по программе BASIS. Часть 2 – Нерка *Oncorhynchus nerka* // Изв. ТИНРО. 2007а. Т. 151. С. 153–187.

Бугаев А.В. Популяционно-биологические исследования по программе BASIS. Часть 3 – Чавыча *Oncorhynchus tshawytscha* // Изв. ТИНРО. 2007б. Т. 151. С. 188–205.

Бугаев А.В. Преднерестовые миграции тихоокеанских лососей в экономической зоне России : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2015. — 416 с.

Бугаев А.В., Заволокина Е.А., Заварина Л.О. и др. Идентификация локальных стад кеты *Oncorhynchus keta* в западной части Берингова моря по данным траловых съемок НИС «ТИНРО» в сентябре-октябре 2002–2003 гг. // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 146. С. 3–34.

Бугаев А.В., Заволокина Е.А., Заварина Л.О. и др. Популяционно-биологические исследования по программе BASIS. Часть 1 – Кета *Oncorhynchus keta* // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 151. С. 115–152.

Бугаев А.В., Заволокина Е.А., Заволокин А.В. и др. Происхождение и распределение локальных стад кеты *Oncorhynchus keta* в западной части Берингова моря по данным траловых съемок НИС «ТИНРО» в 2004 и 2006 гг. // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 157. С. 3–33.

Булатов О.А. Минтай (*Theragra chalcogramma*) Берингова моря: размножение, запасы и стратегия управления промыслом : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2004. 49 с.

Булатов О.А. Минтай открытой части Берингова моря // Вопр. рыб-ва. 2020. Т. 21, № 4. С. 379–395.

Булатов О.А. Промысел и запасы минтая *Theragra chalcogramma*: возможна ли «турбуленция»? // Вопр. рыб-ва. 2014. Т. 15, № 4. С. 350–390.

Великанов А.Я. Дальневосточная мойва: распределение, особенности биологии, динамика биомассы, проблемы и перспективы промыслового освоения // Вопр. рыб-ва. — 2018. — Т. 19, № 3. — С. 300–326.

Верхунов А.В. Роль гидролого-гидрохимических процессов на шельфе Берингова моря в формировании биопродуктивности // Комплексные исследования экосистемы Берингова моря. М. : ВНИРО, 1995. С. 52–79.

Волвенко И.В. Анализ степени альтернативности динамики обилия разных видов при отсутствии непрерывных рядов длительных наблюдений на примере нектона Охотского моря // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 139. С. 78–90.

Волвенко И.В. Морфометрические характеристики стандартных биостатистических районов для биоценологических исследований рыболовной зоны России на Дальнем Востоке // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 132. С. 27–42.

Волвенко И.В. Некоторые алгоритмы обработки данных по обилию и размерно-весовому составу уловов // Изв. ТИНРО. 1999. Т. 126. С. 177–195.

Волвенко И.В. Обилие макрофауны пелагиали северо-западной Пацифики: 2. Биомасса // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 158. С. 40–74.

Волвенко И.В. Первый опыт эксплуатации новой базы данных сетного зоопланктона дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана // Изв. ТИНРО. 2016. Т. 187. С. 19–47. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-187-19-47.

Волвенко И.В. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловых съемок // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 124. С. 473–500.

Волвенко И.В. Технические проблемы адекватной интерпретации результатов траловых съемок и пути их решения // Изв. ТИНРО. 2013. Т. 172. С. 282–293.

Волков А.Ф. Горизонтальная структура планктонного сообщества Карагинского залива // Биол. моря. 1988. № 4. С. 19–24.

Волков А.Ф. Зоопланктон эпипелагиали дальневосточных морей: состав сообществ, межгодовая динамика, значение в питании нектона : дис. ... д-ра биол. наук. Владивосток : ТИНРО-центр, 1996а. 70 с.

Волков А.Ф. О методике взятия проб зоопланктона // Изв. ТИНРО. 1996б. Т. 119. С. 306–311.

Волков А.Ф. Интегральные значения биомассы и запаса зоопланктона в эпипелагиали 71 района севера Тихого океана, включая Берингово и Охотское моря, и схемы распределения массовых видов // Изв. ТИНРО. — 2015а. — Т. 180. — С. 140–160.

Волков А.Ф. Введение в трофологию минтая // Изв. ТИНРО. 2015б. Т. 183. С. 166–185. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-183-166-185.

Волков А.Ф. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию нектона (пошаговые инструкции) // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 154. С. 405–416.

Волков А.Ф. Особенности питания горбуши, кеты и нерки во время анадромных миграций // Изв. ТИНРО. 1994. Т. 116. С. 128–136.

Волков А.Ф. Планктон и питание лососей в северной части Тихого океана в зимний период 2006 г. (рейс НИС «Кайо-Мару», Япония) // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 147. С. 265–275.

Волков А.Ф. Результаты исследований зоопланктона Берингова моря по программе «НРАФС» (экспедиция BASIS). Часть 1. Восточные районы // Изв. ТИНРО. 2012а. Т. 169. С. 45–66.

Волков А.Ф. Результаты исследований зоопланктона Берингова моря по программе «НРАФС» (экспедиция BASIS). Часть 2. Западные районы // Изв. ТИНРО. 2012б. Т. 170. С. 151–171.

Волков А.Ф. Массовое появление *Themisto libellula* в северной части Берингова моря: «вторжение» или «вспышка»? // Изв. ТИНРО. 2012в. Т. 168. С. 142–151.

Волков А.Ф. Состояние кормовой базы тихоокеанских лососей в Беринговом море в 2003–2012 гг. (по результатам работ международных экспедиций BASIS-1 и 2) // Изв. ТИНРО. 2014. Т. 179. С. 250–271. DOI: 10.26428/1606-9919-2014-179-250-271.

Волков А.Ф. Таблицы и графики по трофологии минтая западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2016а. Т. 185. С. 175–184. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-185-175-184.

Волков А.Ф. Элементарная трофология тихоокеанских лососей в Беринговом море. Видовые и региональные отличия. Обеспеченность пищей при различных условиях среды. // Изв. ТИНРО. 2016б. Т. 187. С. 162–186. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-187-162-186.

Волков А.Ф., Горбатенко К.М., Ефимкин А.Я. Стратегии питания минтая // Изв. ТИНРО. 1990. Т. 111. С. 123–132.

Волков А.Ф., Ефимкин А.Я. Планктонные сообщества и кормовая база рыб эпипелагиали Берингова моря в осенний период // Изв. ТИНРО. 1990. Т. 111. С. 94–102.

Волков А.Ф., Ефимкин А.Я., Кузнецова Н.А. Результаты исследований питания тихоокеанских лососей в 2002(2003)–2006 гг. по программе «BASIS» // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 151. С. 365–402.

Волков А.Ф., Косенок Н.С., Кузнецова Н.А. Результаты исследований осеннего питания тихоокеанских лососей в 2002–2004 гг. (программа «BASIS») // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 144. С. 198–218.

Волков А.Ф., Кузнецова Н.А. Межгодовая динамика четырех видов копепод крупной фракции и их роль в питании нектона в восточной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2013. Т. 173. С. 209–222.

Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 10 : Берингово море, вып. 1 : Гидрометеорологические условия. СПб. : Гидрометеоздат, 1999. 298 с.

Глебов И.И. Распределение и миграции чавычи (*Oncorhynchus tshawytscha*) в летне-осенний период 2002–2006 гг. в западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2007а. Т. 151. С. 83–95.

Глебов И.И. Распределение и миграции нерки (*Oncorhynchus nerka*) в летне-осенний период 2002–2006 гг. в западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2007б. Т. 151. С. 61–74.

Глебов И.И., Савиных В.Ф., Байталюк А.А. Субтропические мигранты в юго-западной части Берингова моря // Вопр. ихтиол. 2010. Т. 50, № 4. С. 480–494.

Глебова С.Ю. Классификация атмосферных процессов над дальневосточными морями // Метеорол. и гидрол. 2002. № 7. С. 5–15.

Глебова С.Ю., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. Долгопериодные тенденции в ходе атмосферных процессов и термического режима дальневосточных морей за последний 30-летний период // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 159. С. 285–298.

Глубоков А.И. Минтай центральной части Берингова моря: динамика запасов и перспективы их восстановления // Вопр. рыб-ва. 2004. Т. 5, № 1(17). С. 66–77.

Глубоков А.И., Котенёв Б.Н. Популяционная структура минтая *Theragra chalcogramma* в северной части Берингова моря : моногр. М. : ВНИРО, 2006. 200 с.

Горбатенко К.М., Ильинский Е.Н. Питание массовых мезопелагических рыб в Беринговом море // Вопр. ихтиол. 1991. Т. 31, № 5. С. 816–821.

Горбач В.В., Сааринен К. Оценка встречаемости и относительного обилия видов в фаунистических исследованиях на примере дневных бабочек Финляндии (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) // Принципы экологии. 2012. №2. С. 45–53. DOI: 10.15393/j1.art.2012.1087.

Грицай Е.В. Изменчивость размерно-возрастного состава минтая на восточно- и североберинговоморском шельфе // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 147. С. 84–102.

Грицай Е.В., Степаненко М.А. Гидрологические условия и анализ промысла минтая *Theragra chalcogramma* в наваринском районе в 2017–2021 гг // Изв. ТИНРО. 2022. Т. 202, вып. 3. С. 535–555.

Грицай Е.В., Степаненко М.А. Межгодовая изменчивость пространственной дифференциации и функционирование восточноберинговоморской популяции минтая // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 133. С. 80–93.

Гриценко О.Ф., Заварина Л.О., Ковтун А.А., Путивкин С.В. Экологические последствия крупномасштабного искусственного разведения кеты // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. М. : ВНИРО, 2000. С. 241–246.

Датский А.В. Минтай в прибрежных водах северо-западной части Берингова моря // Вопр. рыб-ва. 2004. Т. 5, № 1(17). С. 28–65.

Дудков С.П. Межгодовые изменения пространственного соотношения типов вертикальных стратификаций вод на северо-западном шельфе Берингова моря летом 2005–2008 гг. // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 162. С. 306–323.

Дудник Ю.И., Усольцев Э.А. О сельди восточной части Берингова моря // Тр. ВНИРО. 1964. Т. 49 : Изв. ТИНРО. Т. 51. С. 225–229.

Дулепова Е.П. Динамика продукционных показателей зоопланктона в северо-западной части Берингова моря в современный период // Изв. ТИНРО. 2016. Т. 187. С. 187–196. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-187-187-196.

Дулепова Е.П. Динамика продукционных показателей зоопланктона как основы кормовой базы нектона в западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2014. Т. 179. С. 236–249. DOI: 10.26428/1606-9919-2014-179-236-249.

Дулепова Е.П. Использование кормовой базы нектоном в периоды его высокой численности в Охотском море // Изв. ТИНРО. 2013. Т. 173. С. 146–163.

Дулепова Е.П. Планктонное сообщество эпипелагиали западной части Берингова моря: состав, продуктивность, сезонная динамика // Экол. моря. 1993. Т. 44. С. 10–16.

Дулепова Е.П. Планктонные ресурсы Охотского моря и их использование рыбами // Экол. моря. 1991. № 37. С. 1–8.

Дулепова Е.П. Сравнительная продуктивность зоопланктона Берингова и Охотского морей // Биол. моря. 1994. Т. 20, № 6. С. 430–435.

Дулепова Е.П. Сравнительная биопродуктивность макроэкосистем дальневосточных морей : моногр. Владивосток : ТИНРО-центр, 2002. 274 с.

Дулепова Е.П. Экосистемные исследования ТИНРО-центра в дальневосточных морях // Изв. ТИНРО. 2005. Т. 141. С. 3–29.

Ермаков Ю.К., Савиных В.Ф., Фещенко О.Б. Предварительные итоги реализации программы по изучению дальневосточной мойвы // Рыб. хоз-во. 1997. № 2. С. 40–42.

Ефимкин А.Я. Годовой цикл питания разновозрастных групп сельди в западной части Берингова моря : отчет о НИР / ТИНРО. № 23900. Владивосток, 2001. 21 с.

Ефимкин А.Я., Волков А.Ф., Кузнецова Н.А. Питание тихоокеанских лососей в Беринговом море в осенний период 2003 и летом 2004 гг. // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 139. С. 370–387.

Ефимкин А.Я., Радченко В.И. Состояние кормовой базы и распределение эпипелагических рыб в западной части Берингова моря в осенний период // Биол. моря. 1991. № 1. С. 28–39.

Желтенкова М.В. Критическая оценка современных методов изучения питания рыб в естественных условиях // Тр. совещ. по методике изучения кормовой базы и питания рыб. М. : АН СССР, 1955. С. 22–39.

Заволокин А.В., Глебов И.И. Обилие мелкоразмерного нектона в западной части Берингова моря по данным траловых учётов и по модельным оценкам // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 156. С. 95–116.

Заволокин А.В., Радченко В.И., Кулик В.В. Динамика трофической структуры эпипелагического сообщества западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2014. Т. 179. С. 204–219. DOI: 10.26428/1606-9919-2014-179-204-219.

Заволокина Е.А. Пространственная дифференциация азиатских стад кеты в западной части Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2007. 24 с.

Заволокина Е.А., Заволокин А.В. Распределение, динамика обилия, возрастной и размерный состав кеты в западной части Берингова моря и сопредельных тихоокеанских водах в 2002–2006 гг. // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 151. С. 35–60.

Зверькова Л.М. Минтай. Биология, состояние запасов : моногр. Владивосток : ТИНРО-центр, 2003. 248 с.

Золотов А.О., Золотов О.Г., Спирин И.Ю. Многолетняя динамика биомассы и современный промысел северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* в тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 181С. 3–22. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-181-3-22.

Зуенко Ю.И., Басюк Е.О. Влияние изменений океанологических условий на состав и обилие зоопланктона в Наваринском промысловом районе Берингова моря и их значение для российского минтаевого промысла // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 189. С. 103–120. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-189-103-120.

Иванов О.А. Нектон дальневосточных морей и сопредельных тихоокеанских вод России: динамика видовой и пространственной структуры, ресурсы : дис. ... д-ра биол. наук. Владивосток, 2013.

Иванов О.А. Смена парадигм в управлении рыболовством: от концепции к реализации? // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 190. С. 3-17. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-190-3-17.

Иванов О.А. Эпипелагическое сообщество рыб и головоногих моллюсков прикурильских вод Тихого океана в 1986–1995 гг. // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 124. С. 3–54.

Иванов О.А., Суханов В.В. Видовая структура nekтона западной части Берингова моря // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2012. Т. 1. С. 43–60.

Иванов О.А., Суханов В.В. Структура nekтонных сообществ прикурильских вод : моногр. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2002. 154 с.

Иванова О.С. Обмен биогенными элементами через Берингов пролив // Океанол. 2008. Т. 48, № 3. С. 389–395.

Известия ТИНРО. 2007. Т. 151. 471 с.

Ильинский Е.Н. Состав и структура nekтонного сообщества мезопелагиали Охотского моря // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 124. С. 55–107.

Ильинский Е.Н., Радченко В.И. Распределение и миграции рыбы-лягушки в Беринговом море // Биол. моря. 1992. № 3–4. С. 19–25.

Инструкция по сбору и первичной обработке планктона в море. Владивосток : ТИНРО, 1974. 50 с.

Карпенко В.И. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО, 1998. 166 с.

Карпенко В.И., Бонк А.А. Межвидовые пищевые отношения молоди некоторых промысловых видов рыб // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. 2014. Вып. 35. С. 22–30.

Карпенко В.И., Волков А.Ф., Коваль М.В. Питание тихоокеанских лососей как индикатор состояния экосистемы северной Пацифики // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. 2006. Вып. 8. С. 112–123.

Катугин О.Н., Шевцов Г.А. Головоногие моллюски морей Дальнего Востока России и прилегающей акватории Тихого океана: список видов // Изв. ТИНРО. 2012. Т. 170. С. 92–98.

Качина Т.Ф. Сельдь западной части Берингова моря : моногр. М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1981. 121 с.

Кивва К.К. Гидрохимические условия первичного продуцирования в Беринговом море : дис. ... канд. геогр. наук. М., 2016а. 297 с.

Кивва К.К. Выделение экологических районов в Беринговом море на основе океанологических данных // Тр. ВНИРО. 2016б. Т. 164. С. 62–74.

Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности : моногр М. : ВНИРО, 2005. 235 с.

Коломейцев В.В. Изменчивость Западно-Камчатского течения зимой 1994–2019 гг. по альтиметрическим данным // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200, вып. 2. С. 412–426. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-412-426.

Кончина Ю.В., Павлов Ю.П. О методах определения трофического статуса видов в ихтиоценах // *Вопр. ихтиол.* 1995. Т. 35, № 4. С. 504–514.

Косихина О.В. Исследование питания Chaetognatha // *Экол. моря.* 1982. Т. 11. С. 79–83.

Котенёв Б.Н., Кровнин А.С., Масленников В.В., Мордасова Н.В. О будущем состоянии популяций массовых гидробионтов в биопродуктивных районах Мирового океана // *Тр. ВНИРО.* 2014. Т. 152. С. 209–248.

Коучмен Л.К., Шигаев В.В. Шельфовая экосистема: физические аспекты её изучения // *Исследование экосистем Берингова и Чукотского морей / под ред. Ю.А. Израэль, А.В. Цыбань.* СПб. : Гидрометеиздат, 1992. С. 37–63.

Кузнецов М.Ю., Басюк Е.О., Чульчиков Д.Н., Сыроваткин Е.В. Распределение и гидрологические условия обитания минтая в северо-западной части Берингова моря // *Изв. ТИНРО.* 2013. Т. 174. С. 104–124.

Кузнецов М.Ю., Ефимкин А.Я., Басюк Е.О. Распределение и условия обитания минтая в наваринско-анадырском районе Берингова моря летом-осенью 2002–2003 гг. // *Изв. ТИНРО.* 2006. Т. 144. С. 247–264.

Кузнецов М.Ю., Николаев А.В., Борец Л.А. Осеннее распределение и вертикальные миграции сеголеток минтая в северо-западной части Берингова моря по результатам тралово-акустических съёмок в 1997–2001 гг. // *Изв. ТИНРО.* 2004. Т. 139. С. 91–101.

Кузнецова Н. А. Питание некоторых планктоноядных рыб в Охотском море в летний период // *Изв. ТИНРО.* 1997. Т. 122. С. 255–275.

Кузнецова Н.А., Овсянников Р.Г., Радченко К.В. Питание тихоокеанских лососей в северо-западной части Тихого океана в зимне-весенний период 2010 г. // *Бюл. реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей».* Владивосток : ТИНРО-центр, 2010. С. 146–152.

Кузнецова Н.А., Овсянников Р.Г., Радченко К.В. Питание тихоокеанских лососей в северо-западной части Тихого океана в зимне-весенний период 2011 г. // *Бюл. № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке.* Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. С. 159–169.

Кун М.С. Зоопланктон дальневосточных морей : моногр. М. : Пищ. пром-сть, 1975. 150 с.

Лапко В.В. Роль кальмаров в сообществах Охотского моря // *Океанол.* 1995. Т. 35, № 5. С. 737–742.

Лапко В.В. Состав, структура и динамика nekтона эпипелагиали Охотского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток : ТИНРО-центр, 1996. 24 с.

Ларина Н.И. Расчёт площадей Тихого океана, его морей и ряда котловин // *Океанол.* 1968. Т. 8, № 4. С. 646–658.

Леонов А.К. Водные массы Берингова моря и течения на его поверхности // *Метеорол. и гидрол.* 1947. № 2. С. 51–66.

Лобода С.В., Жигалин А.Ю. Результаты исследований тихоокеанской сельди в северо-западной части Берингова моря в 2010–2015 гг. // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 188. С. 125–139. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-188-125-139.

Лучин В.А. Средние многолетние параметры верхнего квазигоризонтального слоя Берингова моря (нижняя граница, температура, соленость) и их внутригодовая изменчивость // Изв. ТИНРО. 2019. Т. 199. С. 214–230. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-199-214-230.

Лучин В.А. Термический режим вод дальневосточных морей (Японского, Охотского, Берингова) : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Владивосток, 2008. 47 с.

Лучин В.А., Лаврентьев В.М. Водные массы // Гидрометеорология и гидрохимия морей. СПб: Гидрометеоиздат, 1999. Т. 10 : Берингово море / под ред. Ф.С. Терзиева. С. 142–153.

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 : материалы 5-й науч.-практ. конф. мол. ученых с междунар. участием. М. : ВНИРО, 2017. С. 189–194.

Макрофауна пелагиали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1982–2009 / 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. 479 с.

Маркина Н.П., Хен Г.В. Основные элементы функционирования пелагических сообществ Берингова моря // Изв. ТИНРО. 1990. Т. 111. С. 79–93.

Мельников И.В., Ефимкин А.Я. Молодь северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* в эпипелагиали глубоководных районов северной части Тихого океана // Вопр. ихтиол. 2003. Т. 43, № 4. С. 469–482.

Микулич Л.В. Питание нагульной сельди в северной части Охотского моря // Учен. зап. ДВГУ. 1957. Вып. 1. С. 191–204.

Нагульная сельдь – 2019 (путинный прогноз). Владивосток : ТИНРО, 2019. 69 с.

Найденко С.В. Роль тихоокеанских лососей в трофической структуре эпипелагиали западной части Берингова моря в летне-осенний период 2002–2006 гг. // Изв. ТИНРО. — 2007. — Т. 151. — С. 214–239.

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.

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 нектона // Изв. ТИНРО. 2022. Т. 202, вып. 1. С. 3–33. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-3-33.

Найденко С.В., Старовойтов А.Н., Куренкова Е.В. и др. Питание тихоокеанских лососей в зоне Субарктического фронта в зимне-весенний период 2009 г. // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 161. С. 142–161.

Найденко С.В., Темных О.С. Выживаемость тихоокеанских лососей в Северной Пацифике в зимне-весенний период // Изв. ТИНРО. 2016. Т. 185. С. 67–94. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-185-67-94.

Найденко С.В., Хен Г.В., Фигуркин А.Л. и др. 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.

Напазаков В.В., Чучукало В.И., Кузнецова Н.А. и др. Питание и некоторые черты экологии тресковых рыб западной части Берингова моря в летне-осенний период // Изв. ТИНРО. 2001. Т. 128. С. 907–928.

Натаров В.В. О водных массах и течениях Берингова моря // Тр. ВНИРО. 1963. Т. 48 : Изв. ТИНРО. Т. 50. С. 111–133.

Науменко Е.А. Биология, состояние запасов и перспективы промысла мойвы Берингова моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1986. 23 с.

Науменко Е.А. Многолетние изменения в распределении и численности анадырской мойвы // Изв. ТИНРО. 1996. Т. 119. С. 215–223.

Науменко Е.А. Численность и динамика запасов западноберингоморской мойвы // Рыб. хоз-во. 2001. № 3. С. 31–33.

Науменко Н.И. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока : моногр. Петропавловск-Камчатский : Камчат. печат. двор, 2001. 330 с.

Науменко Н.И. Динамика качественного состава и состояние запасов восточноберингоморской сельди (*Clupea harengus pallasii*) // Изв. ТИНРО. 1983. Т. 107. С. 85–93.

Науменко Н.И. Динамика численности сельди *Clupea pallasii* Val. западной части Берингова моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. 2010. Вып. 16. С. 140–145.

Науменко Н.И. Некоторые особенности питания корфо-карагинской сельди *Clupea pallasii* Valenciennes (Clupeidae) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. 2004. Вып. 7. С. 203–206.

Науменко Н.И. О росте тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* Valenciennes (Clupeidae) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. 2002. Вып. 6. С. 67–74.

Науменко Н.И., Балыкин П.А., Науменко Е.А., Шагинян Э.Р. Многолетние изменения в пелагическом ихтиоценозе западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. 1990. Т. 111. С. 49–57.

Науменко Н.И., Бонк А.А. Корфо-карагинская сельдь (запасы и промысел) // Рыб. хоз-во. 1999. №. 1. С. 27–29.

Нектон западной части Берингова моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. 416 с.

Несис К.Н. Общие экологические понятия в приложении к морским сообществам. Сообщество как континуум // Биология океана. Т. 2 : Биологическая продуктивность океана. М. : Наука, 1977. С. 5–13.

Николаев А.В., Кузнецов М.Ю., Сыроваткин Е.В. Акустические исследования сайки (*Boreogadus saida*) в российских водах Берингова и Чукотского морей в 1999–2007 гг. // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 155. С. 131–143.

Орлов А.М., Бензик А.Н., Ведищева Е.В. и др. Рыбохозяйственные исследования в Чукотском море на НИС «Профессор Леванидов» в августе 2019 г.: некоторые предварительные результаты // Тр. ВНИРО. 2019. Т. 178. С. 206–220. DOI: 10.36038/2307-3497-2019-178-206-220.

Орлов А.М., Токранов А.М. Особенности распределения, некоторые черты биологии и динамика уловов рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* (Cyclopteridae) в прикурильских и прикамчатских водах Тихого океана // Вопр. ихтиол. 2008. Т. 48, № 1. С. 86–101.

Панин Г.Н. Об изменениях климата в полярных зонах земли в XX и XXI столетиях // Докл. Академии наук. 2009. Т. 427, № 3. С. 397–402.

Парин Н.В. Ихтиофауна морей России: биоразнообразие и промысловый потенциал // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 137. С. 226–231.

Парин Н.В. Ихтиофауна океанской эпипелагиали : моногр. М. : Наука, 1968. 186 с.

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях : моногр. М. : Наука, 1982. 287 с.

Плотников В.В., Вакульская Н.М. Изменчивость ледовых условий Берингова моря во второй половине XX – начале XXI века // Изв. ТИНРО. 2012. Т. 170. С. 220–228.

Поляничко В.И., Кузнецов М.Ю. Распределение и обилие минтая *Theragra chalcogramma* в северо-западной части Берингова моря в летне-осенний период 2020 г. и их межгодовая изменчивость // Изв. ТИНРО. 2022. Т. 202, вып. 4. С. 793–809. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-793-809.

Попков Г.В. Исследование структуры скоплений светящихся анчоусов с помощью подводной фотографии // Подводные рыбохозяйственные исследования. Мурманск : ПИНРО, 1986. С. 54–59.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). 4-е изд., перераб. и доп. М. : Пищепромиздат, 1966. 375 с.

Радченко В.И. Роль кальмаров в экосистеме пелагиали Берингова моря // Океанол. 1992. Т. 32, № 6. С. 1093–1101.

Радченко В.И. Состав, структура и динамика nektonных сообществ эпипелагиали Берингова моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1994. 24 с.

Радченко В.И. Характеристика экосистемы Охотского моря по результатам моделирования // Тр. ВНИРО. 2015. Т. 155. С. 79–111.

Радченко В.И., Канзепарова А.Н., Сомов А.А., Григоров И.В. Обилие и экология миктофловых рыб в зал. Аляска в зимний период // Изв. ТИНРО. 2021. Т. 201, вып. 2. С. 292–312.

Радченко В.И., Соболевский Е.И. Сезонная динамика пространственного распределения минтая *Theragra chalcogramma* в Беринговом море // Вопр. ихтиол. 1992. Т. 32, № 5. С. 85–95.

Ратманов Г.Е. Гидрология Берингова и Чукотского морей // Исслед. морей СССР. 1937. Т. 25. С. 10–118.

Рекомендации по экспресс-обработке сетного планктона в море / сост. А.Ф. Волков. Владивосток : ТИНРО, 1984. 31 с.

Руководство по изучению питания рыб / сост. А.Ф. Волков, В.И. Чучукало. Владивосток : ТИНРО, 1986. 32 с.

Савиных В.Ф. Миграции японского морского леща *Brama japonica* // Биол. моря. 1994. Т. 20, № 4. С. 271–277.

Сапожников В.В. Комплексные экологические исследования экосистем Берингова и Охотского морей // Океанол. 1994. Т. 34, № 2. С. 309–312.

Сапожников В.В. Современные представления о функционировании экосистемы Берингова моря // Комплексные. исследования экосистемы Берингова моря. М. : ВНИРО, 1995. С. 149–155.

Сапожников В.В., Аржанова Н.В., Грузевич А.К. и др. Гидрохимия вод западной части Берингова моря // Комплексные. исследования экосистемы Берингова моря. М. : ВНИРО, 1995а. С. 96–134.

Сапожников В.В., Зубаревич В.Л., Мордасова Н.В. Основные закономерности распределения аммонийного, органического азота и мочевины в Беринговом море // Комплексные исследования экосистемы Берингова моря. М. : ВНИРО, 1995б. С. 134–149.

Сапожников В.В., Налетова И.А. Исследование биогидрохимической структуры эвфотического слоя и первичная продукция в Беринговом море // Океанол. 1995. Т. 35, № 2. С. 206–214.

Свиридов В.В., Глебов И.И., Старовойтов А.Н. и др. Пространственно-временная изменчивость вертикального распределения nekтона в Беринговом море // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 151. С. 240–265.

Сетной зоопланктон западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1986–2013 / А.Ф. Волков, И.В. Волвенко ; под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток : ТИНРО-центр, 2016. 1153 с.

Слабинский А.М. О питании массовых видов сагитт в зал. Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. 1982. Т. 106. С. 80–83.

Советские рыбохозяйственные исследования в северо-восточной части Тихого океана, вып. 1 : Тр. ВНИРО, т. 48 : Изв. ТИНРО, т. 50. 1963. 318 с.

Советские рыбохозяйственные исследования в северо-восточной части Тихого океана, вып. 2 : Тр. ВНИРО, т. 49 : Изв. ТИНРО, т. 51. 1964. 274 с.

Советские рыбохозяйственные исследования в северо-восточной части Тихого океана, вып. 3 : Тр. ВНИРО, т. 53 : Изв. ТИНРО, т. 52. 1964. 343 с.

Советские рыбохозяйственные исследования в северо-восточной части Тихого океана, вып. 4 : Тр. ВНИРО, т. 58 : Изв. ТИНРО, т. 53. 1965. 347 с.

Советские рыбохозяйственные исследования в северо-восточной части Тихого океана, вып. 5 : Тр. ВНИРО, т. 70 : Изв. ТИНРО, т. 72. 1970. 455 с.

Современные методы количественной оценки распределения морского планктона / под ред. М.Е. Виноградова. М. : Наука, 1983. 279 с.

Соколовский А.С., Дударев В.А., Соколовская Т.Г., Соломатов С.Ф. Рыбы российских вод Японского моря: аннотированный и иллюстрированный каталог. Владивосток : Дальнаука, 2007. 200 с.

Сомов А.А. Биологические характеристики стада сельди в северо-западной части Берингова моря в сентябре-октябре 2014 г. // Рыбоводство и рыб. хоз-во. 2015а. № 3. С. 11–15.

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. 2015б. Т. 180. С. 39–64. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-180-39-64.

Сомов А.А. Изменение структуры эпипелагического nekтона 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. Гресе «Pontus Euxinus 2015». Севастополь, 2015в. С. 165–166.

Сомов А.А. Состав, структура и динамика nekтона 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, 2015г. С. 60.

Сомов А.А. Летне-осенние изменения состава и структуры nekтона 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.

Сомов А.А., Хлебородов А.С., Слабинский А.М. и др. Особенности питания тихоокеанских лососей в зал. Аляска в феврале-марте 2019 г. // Бюл. № 14 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток : ТИНРО-центр, 2019. С. 185–198.

Сомов А.А. Сезонная динамика обилия и видового состава nekтона верхней эпипелагиали западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2017а. Т. 189. С. 3–24. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-189-3-24.

Сомов А.А. Сезонные изменения состава и видовой структуры nekтона 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, 2017б. С. 421–422.

Сомов А.А. Теутоцен верхней эпипелагиали западной части Берингова моря в осенний период 2013 года: особенности распределения, обилия и доли в nekтонном 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.

Старовойтов А.Н., Сомов А.А., Емелин П.О. и др. Состав сообщества nekтона и макропланктона и результаты тралового учета посткатадромной молодежи горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) в Беринговом и Охотском морях осенью 2018 г. // Бюл. № 13 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток : ТИНРО-центр, 2018. С. 163–167.

Степаненко М.А. Возрастная изменчивость пространственной дифференциации минтая *Theragra chalcogramma* в восточной и северо-западных частях Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2001. Т. 128. С. 125–135.

Степаненко М.А., Грицай Е.В. Состояние ресурсов, пространственная дифференциация и воспроизводство минтая в северной и восточной частях Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2016. Т. 185. С. 16–30. DOI: [10.26428/1606-9919-2016-185-16-30](https://doi.org/10.26428/1606-9919-2016-185-16-30).

Степаненко М.А., Грицай Е.В. Состояние ресурсов, условия обитания и промысел минтая в восточной и северо-западной частях Берингова моря в начале 2010-х годов // *Вопр. рыб-ва*. 2013. Т. 14, № 54. С. 219–241.

Степаненко М.А., Николаев А.В. Некоторые особенности воспроизводства минтая (*Theragra chalcogramma*) Берингова моря // *Изв. ТИНРО*. 2004. Т. 139. С. 102–122.

Суханов В.В. Научная графика на компьютере : моногр. Владивосток : Дальнаука, 2005. 355 с.

Суханов В.В. Расчет промыслового запаса рыб по совокупности проб // *Изв. ТИНРО*. 2008. Т. 153. С. 134–154.

Суханов В.В., Иванов О.А. Сообщества nekтона в северо-западной части Японского моря : моногр. Владивосток : ТИНРО-центр, 2009. 282 с.

Темных О.С., Старовойтов А.Н., Фигуркин А.Л., Мазникова О.А. Новые данные о нагульных миграциях неполовозрелой кеты в СЗТО и Охотском море // *Бюл. № 10 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке*. Владивосток : ТИНРО-центр, 2015. С. 96–105.

Токранов А.М. Видовой состав ихтиофауны западной части Берингова моря // *Современное состояние экосистемы западной части Берингова моря*. Ростов н/Д : ЮНЦ РАН, 2010. С. 119–148.

Удинцев Г.Б., Бойченко И.Г., Канаев В.Ф. Рельеф дна Берингова моря // *Тр. ИОАН*. 1959. Т. 29. С. 17–64.

Устинова Е.И., Глебова С.Ю., Сорокин Ю.Д. Гидрометеорологические условия в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана в 2008 г. // *Вопр. промысл. океанол.* 2008. Т. 5, № 2. С. 48–67.

Фадеев Н.С. Распределение и миграции минтая в Беринговом море // *Рыб. хоз-во*. 1991. № 7. С. 46–47.

Фёдоров В.В. Видовой состав, распределение и глубины обитания видов рыбообразных и рыб северных Курильских островов // *Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг.* М. : ВНИРО, 2000. С. 7–46.

Фёдоров В.В. Список рыб Берингова моря // *Изв. ТИНРО*. 1973. Т. 87. С. 42–71.

Фёдоров В.В., Парин Н.В. Пелагические и бентопелагические рыбы тихоокеанских вод России (в пределах 200-мильной экономической зоны) : моногр. М. : ВНИРО, 1998. 154 с.

Фигуркин А.Л. Некоторые особенности формирования и распространения вод ХПС в западной части Берингова моря // *Океанологические основы биологической продуктивности северо-западной части Тихого океана*. Владивосток : ТИНРО, 1992. С. 20–29.

Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П. и др. Климатические изменения ледяного покрова морей Евразийского шельфа : Научные исследования в Арктике. Т. 2. СПб. : Наука, 2007. 135 с.

Харитоновна О.А. К вопросу о распределении нагульной сельди в северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. 1965. Т. 59. С. 92–98.

Хен Г.В. Сезонная и межгодовая изменчивость вод Берингова моря и ее влияние на распределение и численность гидробионтов : дис. ... канд. геогр. наук. Владивосток : ТИНРО, 1988. 160 с.

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.

Хен Г.В., Заволокин А.В. Перемена в циркуляции вод и ее значение в распределении и обилии лососей в западной части Берингова моря в начале 21-го столетия // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 181. С. 95–115. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-181-95-115.

Хен Г.В., Заочный А.Н. Изменчивость расхода Камчатского течения и океанологических параметров в Камчатском проливе // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 158. С. 247–260.

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.

Чучукало В.И. К методике расчетов суточных пищевых рационов рыб // Изв. ТИНРО. 1996. Т. 119. С. 289–305.

Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения nekтона и nekтобентоса в дальневосточных морях : моногр. Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. 484 с.

Шорыгин А.А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря (осетровых, карповых, бычковых, окуневых и хищных сельдей) : моногр. М. : Пищепромиздат, 1952. 268 с.

Шунтов В.П. Биологические ресурсы дальневосточных морей: перспективы изучения и освоения // Биол. моря. 1988. Т. 14, № 3. С. 3–14.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России : моногр. Владивосток : ТИНРО-центр, 2016а. Т. 2. — 604 с.

Шунтов В.П. Почему изменяется численность минтая (*Theragra chalcogramma*) // Изв. ТИНРО. — 2016б. — Т. 185. — С. 31–48. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-185-31-48.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России : моногр. Владивосток : ТИНРО-центр, 2001. Т. 1. — 580 с.

Шунтов В.П. Новые данные о морском периоде жизни азиатской горбуши // Изв. ТИНРО. 1994. Т. 116. С. 3–41.

Шунтов В.П. Об упрощенных трактовках лимитирующих факторов и динамики численности некоторых промысловых рыб дальневосточных вод // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 189. С. 35–51. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-189-35-51.

Шунтов В.П. Распределение молоди тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* в Беринговом море и сопредельных водах Тихого океана // Вопр. ихтиол. 1989. Т. 29, вып. 6. С. 883–891.

Шунтов В.П. Управление морскими биологическими ресурсами – это пока все еще мечта, а не реальность // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 137. С. 232–240.

Шунтов В.П., Борец Л.А., Дулепова Е.П. Некоторые результаты экосистемных исследований биологических ресурсов дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. 1990. Т. 111. С. 3–26.

Шунтов В.П., Волвенко И.В. Генерализованные оценки состава, количественного распределения и биомассы макрофауны бентали на шельфе и свале глубин северо-западной Пацифики // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 182. С. 3–22. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-182-3-22.

Шунтов В.П., Волвенко И.В. Дополнения к генерализованным количественным оценкам макрофауны бентали в дальневосточных морях и сопредельных водах Тихого океана. Сообщение 2. Региональные и батиметрические особенности распределения биомассы и плотности концентраций рыб и некоторых групп беспозвоночных // Изв. ТИНРО. 2016а. Т. 186. С. 32–60. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-186-32-60.

Шунтов В.П., Волвенко И.В. Сравнительный анализ обилия макрофауны пелагиали и бентали в дальневосточных морях и сопредельных водах Тихого океана // Вопр. рыб-ва. 2016б. Т. 17, № 2. С. 133–147.

Шунтов В.П., Волвенко И.В. Дополнения к количественным оценкам зоопланктона дальневосточных морей и сопредельных вод Северной Пацифики // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 191. С. 130–146. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-130-146.

Шунтов В.П., Волвенко И.В. К вопросу о перестройках в донных и придонных икhtiоценозах российских дальневосточных морей под влиянием промыслового пресса // Вопр. рыб-ва. 2020. Т. 21, № 4. С. 359–378.

Шунтов В.П., Волвенко И.В., Темных О.С. и др. К обоснованию экологической емкости дальневосточных морей и субарктической Пацифики для пастбищного выращивания тихоокеанских лососей. Сообщение 1. Нагульные акватории тихоокеанских лососей // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 160. С. 149–184.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. Минтай в экосистемах дальневосточных морей : моногр. Владивосток: ТИНРО, 1993. 426 с.

Шунтов В.П., Дулепова Е.П. Современное состояние, био- и рыбопродуктивность экосистемы Берингова моря // Комплексные исследования экосистемы Берингова моря. М. : ВНИРО, 1995. С. 358–388.

Шунтов В.П., Дулепова Е.П., Волвенко И.В. и др. Современный статус, структура и рыбопродуктивность пелагических и донных макроэкосистем дальневосточных морей // Дальневосточные моря России. Кн. 2 : Исследования морских экосистем и биоресурсов. М. : Наука, 2007. С. 502–518.

Шунтов В.П., Иванов О.А. Климатические изменения и современное состояние биоты российских вод дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. 2019. Т. 197. С. 83–107. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-197-83-107.

Шунтов В.П., Иванов О.А. «Неверная рыба» или неверные гипотезы: что происходит с nektonом прикурильских океанических вод? // Изв. ТИНРО. 2021. Т. 201, вып. 1. С. 3–23. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-3-23.

Шунтов В.П., Лапко В.В., Баланов А.А., Старцев А.В. Межгодовые изменения в анадромных миграциях лососей в водах Сахалино-Курильского региона // Биол. моря. 1995. Т. 21, вып. 2. С. 116–124.

Шунтов В.П., Радченко В.И., Дулепова Е.П., Темных О.С. Биологические ресурсы российской экономической зоны: структура пелагических и донных сообществ, современный статус, тенденции многолетней динамики // Изв. ТИНРО. 1997. Т. 122. С. 3–15.

Шунтов В.П., Темных О.С. Иллюзии и реалии экосистемного подхода к изучению и управлению морскими и океаническими биологическими ресурсами // Изв. ТИНРО. 2013. Т. 173. С. 3–29.

Шунтов В.П., Темных О.С. Лососевая путина — 2010: снова рекордный вылов, но только для четных лет // Бюл. № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2010. — С. 3–11.

Шунтов В.П., Темных О.С. Многолетняя динамика биоты макроэкосистем Берингова моря и факторы, ее обуславливающие. Сообщение 2. Современный статус пелагических и донных сообществ Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2008а. Т. 155. С. 33–65.

Шунтов В.П., Темных О.С. Многолетняя динамика биоты макроэкосистем Берингова моря и факторы, ее обуславливающие. Сообщение 1. Ретроспективный анализ и обзор представлений о закономерностях в динамике популяций и сообществ Берингова моря // Изв. ТИНРО. 2008б. Т. 155. С. 3–32.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. Владивосток : ТИНРО-центр, 2008в. Т. 1. 481 с.

Шунтов В.П., Темных О.С. Пространственная дифференциация азиатской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* во время анадромных миграций в 1995 г. Сообщение 1. Численность, распределение в море и миграции // Вопр. ихтиол. 1996. Т. 36, № 6. С. 808–816.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. Т. 2. 473 с.

Шунтов В.П., Темных О.С., Куренкова Е.В. Дальневосточная лососевая путина — 2008: результат ниже официального прогноза с надеждами на рекордные подходы горбуши в 2009 г. // Рыбное хозяйство. 2009. Т. 2. С. 78–81.

Шунтов В.П., Темных О.С., Найдено С.В. Ещё раз о факторах, лимитирующих численность тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus* spp., сем. Salmonidae) в океанический период их жизни // Изв. ТИНРО. 2019. Т. 196. С. 3–22. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-196-3-22.

Шунтов В.П., Темных О.С., Шевляков В.А. «Провальная» лососевая путина – 2014: ожидаемый общий результат и более благоприятная оценка на путину–2015 // Бюл. № 9 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток : ТИНРО-центр, 2014. С. 3–10.

Aguilar-Islas A.M., Hurst M.P., Buck K.N. et al. Micro- and macronutrients in the southeastern Bering Sea: Insight into iron-replete and iron-depleted regimes // Prog. Oceanogr. 2007. Vol. 73, № 2. P. 99–126. DOI: 10.1016/j.pocean.2006.12.002.

Allhoff K.T., Ritterskamp D., Rall B.C. Evolutionary food web model based on body masses gives realistic network with permanent species turnover // Sci. Rep. 2015. Vol. 5. P. 10955.

Andrews A.G., Strasburger W.W., Farley Jr. E.V. et al. Effects of warm and cold climate conditions on capelin (*Mallotus villosus*) and Pacific herring (*Clupea pallasii*) in the eastern Bering Sea // Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. 2016. Vol. 134. P. 235–246. DOI: 10.1016/j.dsr2.2015.10.008.

Aydin K.Y., Lapko V.V., Radchenko V.I., Livingston P.A. A comparison of the eastern and western Bering Sea shelf and slope ecosystems through the use of mass-balance food web models : U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-130. 2002. 78 p.

Aydin K.Y., Livingston P.A. Food Web Comparisons In the Eastern and Western Bering Sea : AFSC Quarterly Report, 2003. 11 p.

Azumaya T., Nagasawa T., Khen G. Regional and seasonal differences in temperature and salinity limitations of Pacific salmon // North Pacific Anadromous Fish Comm. Bull. 2007. Vol. 4. P. 179–187.

Azumaya T., Nomura T., Tanimata N. et al. Result of the survey in the Bering Sea in 2004 // NPAFC Doc. 843. 2005. P. 13.

Baker M.R. Contrast of warm and cold phases in the Bering Sea to understand spatial distributions of Arctic and sub-Arctic gadids // *Polar Biol.* 2021. Vol. 44, № 6. P. 1083–1105.

Balykin P.A. Dynamics and abundance of western Bering Sea walleye pollock // *Ecology of the Bering Sea: A Review of Russian Literature. University of Alaska Sea Grant Report.* – 1996. – C. 96–101.

Banas N.S., Zhang J., Campbell R.G. et al. Spring plankton dynamics in the Eastern Bering Sea, 1971–2050: Mechanisms of interannual variability diagnosed with a numerical model // *J. Geophys. Res. Ocean.* 2016. Vol. 121. P. 3372–3380. DOI: 10.1002/2015JC011449.

Banase K., English D.C. Comparing phytoplankton seasonality in the eastern and western subarctic Pacific and the western Bering Sea // *Prog. Oceanogr.* 1999. Vol. 43, № 2–4. P. 235–288.

Batten S.D., Ruggerone G.T., Ortiz I. Pink Salmon induce a trophic cascade in plankton populations in the southern Bering Sea and around the Aleutian Islands // *Fish. Oceanogr.* 2017. Vol. 27, Iss. 6. P. 548–559. DOI: 10.1111/fog.12276.

Beamish R.J., Leask K.D., Ivanov O.A. et al. The ecology, distribution, and abundance of midwater fishes of the Subarctic Pacific gyres // *Progress in Oceanography.* 1999. Vol. 43, Iss. 2. P. 399–442. DOI: 10.1016/S0079-6611(99)00017-8.

Benson A.J., Trites A.W. Ecological effects of regime shifts in the Bering Sea and eastern North Pacific Ocean // *Fish Fish.* 2002. Vol. 3. P. 95–113.

Blaxter J.H.S., Hunter J.R. The Biology of the Clupeoid Fishes // *Advances in marine biology.* 1982. Vol. 20. P. 1–223. DOI: 10.1016/S0065-2881(08)60140-6.

Bond N.A., Overland J.E., Turet P. Spatial and Temporal Characteristics of the Wind Forcing of the Bering Sea // *J. Clim.* 1994. Vol. 7, № 7. P. 1119–1130.

Bower J.R., Takagi S. Summer vertical distribution of paralarval gonatid squids in the northeast Pacific // *J. Plankton Res.* 2004. Vol. 26, № 8. P. 851–857.

Brodeur R.D., Decker M.B., Cianelli L. et al. Rise and fall of jellyfish in the eastern Bering Sea in relation to climate regime shifts // *Prog. Oceanogr.* 2008. Vol. 77, № 2–3. P. 103–111. DOI: 10.1016/j.pocean.2008.03.017.

Brown Z.W., Dijken G.L. van, Arrigo K.R. A reassessment of primary production and environmental change in the Bering Sea // *J. Geophys. Res.* 2011. Vol. 116, № C8. P. C08014.

Cheung W.W.L., Brodeur R.D., Okey T.A., Pauly D. Projecting future changes in distributions of pelagic fish species of Northeast Pacific shelf seas // *Prog. Oceanogr.* 2015. Vol. 130. P. 19–31. DOI: 10.1016/j.pocean.2014.09.003.

Chumacher J.D., Pearson C.A., Overland J.E.. On exchange of water between the Gulf of Alaska and the Bering Sea through Unimak Pass // *J. Geophys. Res.* 1982. Vol. 87, Iss. C8. P. 5785–5795. DOI: 10.1029/JC087iC08p05785.

Ciannelli L., Bailey K.M. Landscape dynamics and resulting species interactions: the cod-capelin system in the southeastern Bering Sea // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2005. Vol. 291. P. 227–236.

Cokelet E.D., Schall M.L., Dougherty D.M. ADCP-Referenced Geostrophic Circulation in the Bering Sea Basin // *J. Phys. Oceanogr.* 1996. Vol. 26, № 7. P. 1113–1128.

Coyle K.O., Eisner L.B., Mueter F.J. et al. Climate change in the southeastern Bering Sea: impacts on pollock stocks and implications for the oscillating control hypothesis // *Fish. Oceanogr.* 2011. Vol. 20, Iss. 2. P. 139–156. DOI: 10.1111/j.1365-2419.2011.00574.x.

Dalgaard P. *Introductory Statistics with R.* : Springer, 2008. Second ed. 363 p.

Datsky A.V. Ichthyofauna of Russian exclusive economic zone of the Bering Sea: 2. Ecological and zoogeographical characteristics // *J. Ichthyol.* 2016. Vol. 56, № 1. P. 72–88.

Davis N.D. Caloric content of oceanic zooplankton and fishes for studies of salmonid food habits and their ecologically related species // *NPAFC Doc.* 1993. Vol. FRI-UW-931. № September. P. 10.

Dodimead A.J. Winter oceanographic conditions in the central subarctic Pacific. *Int. North Pacific Comm.*, 1967. Document 999.14 p.

Duffy-Anderson J.T., Stabeno, P.J., Siddon E.C. et al. Return of warm conditions in the southeastern Bering Sea: Phytoplankton – Fish // *PLoS One.* 2017. Vol. 12, № 6. e0178955. DOI: 10.1371/journal.pone.0178955.

Dunne J.A., Williams R.J., Martinez N.D. Food-web structure and network theory: the role of connectance and size // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2002. Vol. 99. P. 12917–12922.

Dwyer D.A., Bailey K.M., Livingston P.A. Feeding Habits and Daily Ration of Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Eastern Bering Sea, with Special Reference to Cannibalism // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1987. Vol. 44. P. 1972–1984

Eisner L.B., Napp J.M., Mier K.L. et al. Climate-mediated changes in zooplankton community structure for the eastern Bering Sea // *Deep-Sea Res. II.* 2014. Vol. 109. P. 157–171. DOI: 10.1016/j.dsr2.2014.03.004.

Eisner L.B., Zuenko Yu.I., Basyuk E.O. et al. Environmental impacts on walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) distribution across the Bering Sea shelf // *Deep-Sea Res. II.* 2020. Vol. 181–182. 104881. DOI: 10.1016/j.dsr2.2020.104881.

Eisner L.B., Gann J.C., Ladd C. et al. Late summer/early fall phytoplankton biomass (chlorophyll a) in the eastern Bering Sea: Spatial and temporal variations and factors affecting chlorophyll a concentrations // *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 2016. Vol. 134. P. 100–114. DOI: 10.1016/j.dsr2.2015.07.012.

Ezer T., Oey L.Y. On the dynamics of strait flows: an ocean model study of the Aleutian passages and the Bering Strait // *Ocean Dyn.* 2013. Vol. 63. P. 243–263.

Ezer T., Oey L.Y. The role of the Alaskan Stream in modulating the Bering Sea climate // J. Geophys. Res. Ocean. 2010. Vol. 115, № 4. C04025. DOI: 10.1029/2009jc005830.

Favorite F. Flow into the Bering Sea through Aleutian Island passes // Oceanography of the Bering Sea / D.W. Hood, E.J. Kelly, eds. Fairbanks : Institute of Marine Science, University of Alaska, 1974. P. 3–37.

Favorite F. The Alaskan Stream // North Pacific Fish Comm. Bull. 1965. Vol. 21. P. 1–20.

Favorite F., Laevastu T., Straty R.R. Oceanography of the northeastern Pacific Ocean and eastern Bering Sea, and relations to various living marine resources : NWAFC Process. Rep., Northwest Alaska Fish. Cent., Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA, 1977. 280 p.

Fetterer F., Knowles K., Meier W.N. et al. Sea Ice Index, Version 3 [Data Set]. Boulder, Colorado USA. National Snow and Ice Data Center, 2017. DOI: 10.7265/N5K072F8. Date Accessed 03-19-2024.

Fraser J.H. Experimental feeding of some Medusa and Chaetognatha // J. Fish. Bd Canada. 1969. Vol. 26, № 7. P. 1743–1762.

Frey K.E., Moore G.W.K., Cooper L.W., Grebmeier J.M. Divergent patterns of recent sea ice cover across the Bering, Chukchi, and Beaufort seas of the Pacific Arctic Region // Prog. Oceanogr. 2015. Vol. 136. P. 32–49. DOI: 10.1016/j.pocean.2015.05.009.

Gascuel D., Pauly D. EcoTroph: modelling marine ecosystem functioning and impact of fishing // Ecol. Modell. 2009. Vol. 220. P. 2885–2898.

Grebmeier J.M., Moore S.E., Overland J.E. et al. Biological response to recent Pacific Arctic sea ice retreats // Eos Trans. AGU. 2010. Vol. 91, Iss. 18. P. 161–162. DOI: 10.1029/2010EO180001.

Grebmeier J.M., Overland J.E., Moore S.E. et al. A major ecosystem shift in the northern Bering Sea // Science. 2006. Vol. 311, Iss. 5766. P. 1461–1464. DOI: 10.1126/science.1121365.

Guinehut S., Dhomps A.-L., Larnicol G., and Le Traon P.-Y. High resolution 3-D temperature and salinity fields derived from in situ and satellite observations // Ocean Sci. 2012. Vol. 8. P. 845–857. DOI: 10.5194/os-8-845-2012.

Hansell D.A., Whitley T.E., Goering J.J. Patterns of nitrate utilization and new production over the Bering-Chukchi shelf // Cont. Shelf Res. 1993. Vol. 13. P. 601–627.

Harvey H.R., Pleuthner R.L., Lessard E.J. et al. Physical and biochemical properties of the euphausiids *Thysanoessa inermis*, *Thysanoessa raschii*, and *Thysanoessa longipes* in the eastern Bering Sea // Deep. Res. Part II. 2012. Vol. 65–70. P. 173–183. DOI: 10.1016/j.dsr2.2012.02.007.

Hollowed A.B., Barbeaux S.J., Cokelet E.D. et al. Effects of climate variations on pelagic ocean habitats and their role in structuring forage fish distributions in the Bering Sea // Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. 2012. Vol. 65–70. P. 230–250. DOI: 10.1016/j.dsr2.2012.02.008.

Honda K., Sato T., Minowa Y. et al. The Summer 2019 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru // NPAFC Doc. 1888. 2020. 17 p. (<https://www.npafc.org>).

Honda K., Sato S., Sato T. et al. The Summer 2016 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru // NPAFC Doc. 1697. 2017. 15 p. (<http://www.npafc.org>).

Honda K., Sato S., Sato T. et al. The Summer 2017 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru // NPAFC Doc. 1765. 2018. 16 p. (<http://www.npafc.org>).

Honda K., Sato T., Sugawara F. et al. The Summer 2020 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru // NPAFC Doc. 1965. 2021. 15 p. (<https://www.npafc.org>).

Honda K., Sato T., Ueda S. et al. Summer 2018 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru // NPAFC Doc. 1825. 2019. 17 p. (<https://www.npafc.org>).

Hu H., Wang J. Modeling effects of tidal and wave mixing on circulation and thermohaline structures in the Bering Sea: Process studies // *J. Geophys. Res. Ocean.* 2010. Vol. 115, № 1. DOI: 10.1029/2008JC005175.

Hughes F.W., Coachman L.K., Aagaard K. Circulation, transport and water exchange in the western Bering Sea // *Oceanography of the Bering Sea* / D.W. Hood, E.J. Kelley, eds. Fairbanks : Institute of Marine Science, University of Alaska, 1974. P. 59–98.

Hunt G.L., Coyle K.O., Eisner L.B. et al. Climate impacts on eastern Bering Sea foodwebs: a synthesis of new data and an assessment of the Oscillating Control Hypothesis // *ICES J. Mar. Sci.* 2011. Vol. 68, Iss. 6. P. 1230–1243. DOI: 10.1093/icesjms/fsr036.

Hunt G.L., Ressler P.H., Gibson G.A. et al. Euphausiids in the eastern Bering Sea: A synthesis of recent studies of euphausiid production, consumption and population control // *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 2016. Vol. 134. P. 204–222. DOI: 10.1016/j.dsr2.2015.10.007.

Hunt G.L., Staben P., Walters G. et al. Climate change and control of the southeastern Bering Sea pelagic ecosystem // *Deep. Res. II.* 2002. Vol. 49, Iss. 26. P. 5821–5853. DOI: 10.1016/S0967-0645(02)00321-1.

Hurst M.P., Aguilar-Islas A.M., Bruland K.W. Iron in the southeastern Bering Sea: Elevated leachable particulate Fe in shelf bottom waters as an important source for surface waters Title // *Cont. Shelf Res.* 2010. Vol. 30, № 5. P. 467–480.

Ianelli J.N., Kotwicki S., Honkalehto T., Holsman K., Fissel B. Assessment of the Walleye Pollock Stock in the Eastern Bering Sea. AFSC NMFS NOAA, Seattle: 2017. 129 p.

Ianelli J., Fissel B., Stienessen S., Honkalehto T., Siddon E., Allen-Akselrud C. Assessment of the Walleye Pollock Stock in the Eastern Bering Sea. AFSC NMFS NOAA, Seattle: 2021. 171 p.

Ishida Y., Ito S., Kaeriyama M. et al. Recent changes in age and size of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the North Pacific Ocean and possible causes // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1993. Vol. 50, № 2. P. 290–295. DOI: 10.1139/f93-033.

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.

Kaeriyama M. Evaluation of Carrying Capacity of Pacific Salmon in the North Pacific Ocean for Ecosystem — Based Sustainable Conservation Management. NPAFC Techn. Rep, 2003. 4 p.

Kaeriyama M., Seo H., Qin Y.x. Effect of global warming on the life history and population dynamics of Japanese chum salmon // *Fish. Sci.* 2014. Vol. 80, № 2. P. 251–260. DOI: 10.1007/s12562-013-0693-7.

Katugin O.N., Zuev N.N. Distribution of cephalopods in the upper epipelagic northwestern Bering Sea in autumn // *Rev. Fish Biol. Fish.* 2007. Vol. 17, № 2–3. P. 283–294.

Khen G.V. Hydrography of the western Bering Sea shelf water // *Dynamics of the Bering Sea / T.R. Loughlin, K. Ohtani, eds. Fairbanks : University of Alaska, 1999. P. 161–176.*

Khen G.V. Oceanological conditions of the Bering Sea biological productivity // *Proc. Intern. Sci. Symp. on Bering Sea Fish. Seattle, WA, 1989. P. 404–414.*

Kinder T.H., Coachman L.K. The front overlaying the continental slope in the eastern Bering Sea // *J. Geophys. Res.* 1978. Vol. 83, № C9. P. 4551–4559.

Kotwicki S., Laurs R.M. Detecting temporal trends and environmentally-driven changes in the spatial distribution of bottom fishes and crabs on the eastern Bering Sea shelf // *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 2013. Vol. 94. P. 231–243.

Ladd C. Seasonal and interannual variability of the Bering Slope Current // *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 2014. Vol. 109. P. 5–13.

Laevastu T., Favorite F., Larkins H.A. Resource Assessment and Evaluation of the Dynamics of the Fishery Resources in the Northeast Pacific With Numerical Ecosystem : NWAFC Rep. 1979. № 79–17. 35 p.

Laevastu T., Larkins H.A. Marine Fisheries Ecosystem. Its quantitative evaluation and management. Fairbanks : Fishing News Books Ltd., 1981. 162 p.

Low L. Application of a Laevastu-Larkins Ecosystem Model for Bering Sea Groundfish Management : NWAFC Rep. 1983. № 83–02. 28 p.

Lowe S., Ianelli J., Palsson W., Fissel B. Assessment of the Atka mackerel stock in the Bering Sea and Aleutian Islands // *NPFMC Bering Sea Aleutian Islands SAFE.* 2021. № December. 104 p.

Luchin V.A., Menovshchikov V.A., Lavrentiev V.M., Reed R.K. Thermohaline structure and water masses in the Bering Sea // *Dynamics of the Bering Sea / eds T.R. Loughlin, K. Ohtani. Fairbanks : Univ. of Alaska Sea grant, 1999. P. 61–91.*

Maita Y., Yanada M., Takahashi K. Seasonal variation in the process of marine organism production based on downward fluxes of organic substances in the Bering Sea // Dynamics of the Bering Sea / T.R. Loughlin, K. Ohtani, eds. Fairbanks : Univ. of Alaska Sea Grant, 1999. P. 285–310.

Mantua N.J., Hare S.R., Zhang Y. et al. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production // Bull. Amer. Meteor. Soc. 1997. Vol. 78, № 6. P. 1069–1079. DOI: 10.1175/1520-0477(1997)078<1069:APICOW>2.0.CO;2.

Marsh J.M., Mueter F.J. Influences of temperature, predators, and competitors on polar cod (*Boreogadus saida*) at the southern margin of their distribution // Polar Biol. 2020. Vol. 43, № 8. P. 995–1014.

Maznikova O., Krovnin A., Somov A.A. Climate impact on the Polar cod (*Boreogadus saida*) stock: in the Bering Sea // ICES-2021. 2021.

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.

Menard J., Soong J., Kent S. et al. 2015 Annual Management Report Norton Sound, Port Clarence, and Arctic, Kotzebue Areas. Alaska Department of Fish and Game, Fishery Management Report № 17-15. Anchorage, 2017.

Minobe S. A 50–70 year climatic oscillation over the North Pacific and North America // Geophys. Res. Lett. 1997. Vol. 24, № 6. P. 683–686.

Mittal H.V. R Graphs Cookbook. Birmingham : Packt Publishing, 2011. 255 p.

Mizobata K., Wang J., Saitoh S. Eddy-induced cross-slope exchange maintaining summer high productivity of the Bering Sea shelf break // J. Geophys. Res. 2006. Vol. 111, № C10. P. C10017.

Moore C.M., Mills M.M., Arrigo K.R. et al. Processes and patterns of oceanic nutrient limitation // Nat. Geosci. 2013. Vol. 6, № 9. P. 701–710. DOI: 10.1038/ngeo1765.

Morita K., Sato S., Tokuda H., Iida M., Shinto M. 2008 Summer Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru // NPAFC Doc. 1116. 2008. P. 11.

Morita K., Sato S., Kagaya M., Katayama Y., Goda Y., Chiba T., Makino K. The 2007 Summer Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru // NPAFC Doc. 1044. 2007. P. 8.

Morita K., Sato S., Kato M., Yamamoto J. The Summer 2009 Japanese Salmon Research Cruise of the R / V Hokko maru : Exploration of the Northern Limit of Offshore Distribution and Annual Survey in the Bering Sea The Summer 2009 Japanese Salmon Research Cruise of the R / V Hokko maru : Exploration // NPAFC Doc. 1191. 2009. P. 12.

Morita K. Sato S., Sato T., Ohnuki T. The Summer 2011 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru // NPAFC Doc. 1348. 2011. P. 13.

Mueter F.J., Bond N.A., Ianelli J.N., Hollowed A.B. Expected declines in recruitment of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern Bering Sea under future climate change // ICES J. Mar. Sci. 2011. Vol. 68, № 6. P. 1284–1296. DOI: 10.1093/icesjms/fsr022.

Mueter F.J., Ladd C., Palmer M.C., Norcross B.L. Bottom-up and top-down controls of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) on the Eastern Bering Sea shelf // Prog. Oceanogr. 2006. Vol. 68, Iss. 2–4. P. 152–183. DOI: 10.1016/j.pocean.2006.02.012.

Mueter F.J., Litzow M.A. Sea ice retreat alters the biogeography of the Bering Sea continental shelf // Ecol. Appl. 2008. Vol. 18, Iss. 2. P. 309–320. DOI: [10.1890/07-0564.1](https://doi.org/10.1890/07-0564.1).

Mueter F.J., Palmer M.C., Norcross B.L. Environmental predictors of walleye pollock recruitment on the Eastern Bering Sea shelf : Final Rep. to Pollock Conservation Cooperative Research Center. 2004. 78 p.

Murphy J.M., Howard K.G., Gann J.C. et al. Juvenile Chinook Salmon abundance in the northern Bering Sea: Implications for future returns and fisheries in the Yukon River // Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. 2017. Vol. 135. P. 156–167. DOI: [10.1016/j.dsr2.2016.06.002](https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.06.002).

Myers K.W., Klovach N., Gritsenko O.F. et al. Stock-specific distributions of Asian and North American salmon in the open ocean, interannual changes, and oceanographic conditions // N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. 2007. Vol. 4, № 4. P. 159–177.

Nagasawa K. Is there abundant zooplankton prey for salmon in the subarctic North Pacific in Winter? // Bull. Nat. Res. Inst. Far. Seas Fish. 1999. Vol. 36. P. 69–75.

Napp J.M., Kendall A.W., Schumacher J.D. A synthesis of biological and physical processes affecting the feeding environment of larval walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern Bering Sea // Fish. Oceanogr. 2000. Vol. 9, № 2. P. 147–162.

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.

Nesis K.N. Gonatid squids in the subarctic north pacific: Ecology, biogeography, niche diversity and role in the ecosystem // Adv. Mar. Biol. 1997. Vol. 32, № 32. P. 243–324.

Nesis K.N., Nikitina I.V. Vertical distribution of squids in the southern Okhotsk Sea and northwestern Pacific off Kurile Islands (summer 1992) // Russian Journal of Aquatic Ecology. 1995. Vol. 4. P. 9–24.

Niebauer H.J. Effects of El Niño-Southern Oscillation and North Pacific weather patterns on interannual variability in the subarctic Bering Sea // J. Geophys. Res. 1988. Vol. 93. P. 5051–5068.

Niebauer H.J., Bond N., Yakunin L., Plotnikov V. An update on the climatology and sea ice of the Bering Sea // Dynamics of the Bering Sea / под ред. T.R. Loughlin, K. Ohtani. Fairbanks: Univ. of Alaska Sea Grant, 1999. P. 29–60.

NPAFC Catch Statistics: North Pacific Anadromous Fish Commission (NPAFC). 2022. NPAFC Pacific salmonid catch statistics (updated June 2022). North Pacific Anadromous Fish Commission, Vancouver. Available: <https://npafc.org>.

Ohtani K. Oceanographic structure in the Bering sea // Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 1973. Vol. 21, № 1. P. 65–106.

Ormseth O.A. Appendix Status of forage species in the Bering Sea and Aleutian Islands region // Plan Team for the Groundfish Fisheries of the Bering Sea and Aleutian Islands (compiler), Stock assessment and fishery evaluation report for the groundfish resources of the Bering Sea/Aleutian Islands regions. 2015. P. 1225–1270.

Overland J.E. Marine Climatology of the Bering Sea // The Eastern Bering Sea Shelf: Oceanography and Resources / D.W. Hood, J.A. Calder, eds. Seattle : University of Washington Press, 1981. P. 15–22.

Overland J.E., Adams J.M., Bond N.A. Decadal variability of the Aleutian Low and its relation to high-latitude circulation // J. Climate. 1999. Vol. 12. P. 1542–1548. DOI: 10.1175/1520-0442(1999)012<1542:DVOTAL>2.0.CO;2.

Overland J.E., Pease C.H. Cyclone climatology of the Bering Sea and its relation to sea ice extent // Mon. Weather Rev. 1982. Vol. 110, № 1. P. 5–13.

Overland J.E., Spillane M.C., Hurlburt H.E., and Wallcraft A.J. A numerical study of the circulation of the Bering Sea basin and exchange with the North Pacific Ocean // J. Phys. Oceanogr. 1994. Vol. 24, Iss. 4. P. 736–758. DOI: 10.1175/1520-0485(1994)024<0736:ANSOTC>2.0.CO;2.

Pakhomov E.A., Deeg C., Esenkulova S. et al. Summary of preliminary findings of the International Gulf of Alaska expedition onboard the R/V *Professor Kaganovskiy* during February 16–March 18, 2019 : NPAFC Doc. 1858. 2019. 25 p.

Pantelev G.G., Yaremchuk M., Luchin V. et al. Variability of the Bering Sea circulation in the period 1992–2010 // J. Oceanogr. 2012. Vol. 68, № 4. P. 485–496. DOI: 10.1007/s10872-012-0113-0.

Parker-Stetter S.L., Horne J.K., Farley E.V. et al. Summer distributions of forage fish in the eastern Bering Sea // Deep. Res. Part II. 2013. Vol. 94. P. 211–230. DOI: 10.1016/j.dsr2.2013.04.022.

Parker-Stetter S.L., Urmy S., Horne J. et al. Factors affecting summer distributions of Bering Sea forage fish species: assessing competing hypotheses // Deep Sea Res. Part II. 2016. Vol. 134. P. 255–269. DOI: 10.1016/j.dsr2.2016.06.013.

Pearcy W.G., Krygier E.E., Mesecar R., Ramsey F. Vertical distribution and migration of oceanic micronekton off Oregon // Deep-Sea Res. 1977. Vol. 24, № 3. P. 223–245.

Pearcy W.G., Lorz H.V., Peterson W. Comparison of the feeding habits of migratory and non-migratory *Stenobranchius leucopsarus* (Myctophidae) // Mar. Biol. 1979. Vol. 51. P. 1–8. DOI: 10.1007/BF00389025.

Pickart R.S., Macdonald A.M., Moore G.W.K. et al. Seasonal Evolution of Aleutian Low Pressure Systems: Implications for the North Pacific Subpolar Circulation // J. Phys. Oceanogr. 2009. Vol. 39, Iss. 6. P. 1317–1339. DOI: 10.1175/2008JPO3891.1.

Prants S.V., Andreev A.G., Budyansky M.V., Uleysky M.Yu. Impact of mesoscale eddies on surface flow between the Pacific Ocean and the Bering Sea across the Near Strait // Ocean Model. 2013. Vol. 72. P. 143–152. DOI: 10.1016/j.ocemod.2013.09.003.

Prants S.V., Andreev A.G., Budyansky M.V., Uleysky M.Yu. Impact of the Alaskan Stream flux on the surface water dynamics, temperature, ice extent, plankton biomass, and walleye pollock stocks in the eastern Okhotsk Sea // J. Marine Syst. 2015. Vol. 151. P. 47–58.

PyQGIS 3.22 developer cookbook : QGIS Project, 2022. 170 p.

QGIS Desktop 3.22 User Guide : QGIS Development Team, 2022. 1401 p.

Quinn T.P., Light J.T. Occurrence of threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) in the open North Pacific Ocean: migration or drift? // Can. J. Zool. 1989. Vol. 67, № 11. P. 2850–2852.

Radchenko V.I. Mesopelagic fish community supplies “Biological Pump” // Raffles Bull. Zool. 2007. Vol. 2014, № 14. P. 265–271.

Raring N.W., Stevenson D.E. A brief survey of the mesopelagic fishes of the Gulf of Alaska // Calif. Fish Game. 2010. Vol. 96, № 3. P. 188–200.

Reed R.K., Stabeno P.J. Flow Along and Across the Aleutian Ridge // J. Mar. Res. 1994. Vol. 52, № 4. P. 639–648.

Reed R.K., Stabeno P.J. The recent return of the Alaskan Stream to Near Strait // J. Mar. Res. 1993. Vol. 51, № 3. P. 515–527.

Ressler P.H., Robertis A.De, Warren J.D. et al. Developing an acoustic survey of euphausiids to understand trophic interactions in the bering sea ecosystem // Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. 2012. Vol. 65–70. P. 184–195. DOI: 10.1016/j.dsr2.2012.02.015.

Ressler P.H., Robertis A. De, Kotwicki S. The spatial distribution of euphausiids and walleye pollock in the eastern Bering Sea does not imply top-down control by predation // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2014. Vol. 503. P. 111–122.

Reum J.C.P., Blanchard J.L., Holsman K.K. et al. Ensemble Projections of Future Climate Change Impacts on the Eastern Bering Sea Food Web Using a Multispecies Size Spectrum Model // Front. Mar. Sci. 2020. Vol. 7, March. P. 1–17. DOI: 10.3389/fmars.2020.00124.

Rho T.K., Whitledge T.E. Characteristics of seasonal and spatial variations of primary production over the southeastern Bering Sea shelf // Cont. Shelf Res. 2007. Vol. 27. P. 2556–2569.

Rodionov S.N., Bond N.A., Overland J.E. The Aleutian Low, storm tracks, and winter climate variability in the Bering Sea // Deep-Sea Res. II. 2007. Vol. 54, Iss. 23–26. P. 2560–2577. DOI: 10.1016/j.dsr2.2007.08.002.

Rodionov S.N., Overland J.E., Bond N.A. The Aleutian low and winter climatic conditions in the Bering Sea. Part I: Classification // J. Clim. 2005. Vol. 18, № 1. P. 160–177.

Roper C.F.E., Young R.E. Vertical distribution of pelagic cephalopods // Smithson. Contrib. to Zool. 1975. № 209. P. 1–51.

Ruggerone G.T., Connors B.M. Productivity and life history of sockeye salmon in relation to competition with pink and sockeye salmon in the North Pacific Ocean // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 2015. Vol. 72, № 6. P. 818–833. DOI: 10.1139/cjfas-2014-0134.

Ruggerone G.T., Irvine J.R. Numbers and biomass of natural- and hatchery-origin pink salmon, chum salmon, and sockeye salmon in the North Pacific Ocean, 1925–2015 // Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science. 2018. Vol. 10, Iss. 2. P. 152–168. DOI: 10.1002/mcf2.10023.

Ruggerone G.T., Farley E., Nielsen J.L., Hagen P. Seasonal marine growth of Bristol Bay sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to competition with Asian pink salmon (*O. gorbuscha*) and the 1977 ocean regime shift // Fish. Bull. 2005. Vol. 103, № 2. P. 355–370.

Ruggerone G.T., Zimmermann M., Myers K.W. et al. Competition between Asian pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and Alaskan sockeye salmon (*O. nerka*) in the North Pacific Ocean // Fish. Oceanogr. 2003. Vol. 12, № 3. P. 209–219. DOI: 10.1046/j.1365-2419.2003.00239.x.

Salomone P., Elison T., Sands T. et al. 2018 Bristol Bay Annual Management Report. Alaska Department of Fish and Game, Fishery Management Report № 19-12. Anchorage, 2019.

Sambrotto R.N., Goering J.J., McRoy C.P. Large yearly production of phytoplankton in the western Bering Strait // Science. 1984. Vol. 225, Iss. 4667. P. 1147–1150. DOI: 10.1126/science.225.4667.1147.

Sambrotto R.N., Mordy C., Zeeman S.I. et al. Physical forcing and nutrient conditions associated with patterns of Chl a and phytoplankton productivity in the southeastern Bering Sea during summer // Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. 2008. Vol. 55, Iss. 16–17. P. 1745–1760. DOI: 10.1016/j.dsr2.2008.03.003.

Sambrotto R.N., Niebauer H.J., Goering J.J., Iverson R.L. Relationships among vertical mixing, nitrate uptake, and phytoplankton growth during the spring bloom in the southeast Bering Sea middle shelf // Cont. Shelf Res. 1986. Vol. 5, Iss. 1–2. P. 161–198. DOI: 10.1016/0278-4343(86)90014-2.

Sato S., Honda K., Sato T. et al. The Summer 2015 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru : NPAFC Doc. 1640. 2016. 16 p. (<http://www.npafc.org>).

Sato S., Sato T., Nakamura T. et al. The Summer 2014 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru : NPAFC Doc. 1583. 2015. 19 p. (<http://www.npafc.org>).

Sato S., Sato T., Ohkubo T. et al. The Summer 2013 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru : NPAFC Doc. 1518. 2014. 18 p. (<http://www.npafc.org>).

Sato S., Sato T., Ohmoto K. et al. The Summer 2012 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V Hokko maru : NPAFC Doc. 1419. 2012. 14 p. (<http://www.npafc.org>).

Sherman K. The Large Marine Ecosystem Concept: Research and Management Strategy for Living Marine Resources // *Ecol. Appl.* 1991. Vol. 1, № 4. P. 349–360.

Sherman K., Alexander L.M. Variability and management of large marine ecosystems. AAAS Selected Symposium 99. Boulder : Westview Press Inc., 1986. 319 p.

Sigler M.F., Napp J.M., Stabeno P.J. et al. Variation in annual production of copepods, euphausiids, and juvenile walleye pollock in the southeastern Bering Sea // *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 2016. Vol. 134. P. 223–234. DOI: 10.1016/j.dsr2.2016.01.003.

Sinclair E.H., Balanov A.A., Kubodera T. et al. Distribution and Ecology of Mesopelagic Fishes and Cephalopods // *Dynamics of the Bering Sea* / T.R. Loughin, K. Ohtani, eds. Fairbanks : Alaska Sea Grant College Program, 1999. P. 485–508.

Small Scientific Committee on Pacific Saury. 2021. 8th Meeting Report. NPFC-2021-SSC PS08- Final Report. 56 pp. (Available at www.npfc.int). 2021.

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.

Somov A.A., Blaine T., Deeg C.M. et al. Preliminary findings of the second salmon Gulf of Alaska expedition onboard the R/V *Pacific Legacy*, March 11 — April 7, 2020 as part of the International Year of the Salmon : NPAFC Doc. 1930. 2020. 49 p.

Soong J., Kent S., Menard J. 2006 annual management report Norton Sound, Port Clarence, and Kotzebue. Alaska Department of Fish and Game, Fishery Management Report № 08-32. Anchorage, 2008.

Spencer P.D., Holsman K.K., Zador S. et al. Modelling spatially dependent predation mortality of eastern Bering Sea walleye pollock, and its implications for stock dynamics under future climate scenarios // *ICES J. Mar. Sci.* 2016. Vol. 73, Iss. 5. P. 1330–1342. DOI: 10.1093/icesjms/fsw040.

Springer A.M., McRoy C.P. The paradox of pelagic food webs in the northern Bering Sea – III. Patterns of primary production // *Cont. Shelf Res.* 1993. Vol. 13, № 5. P. 575–599.

Springer A.M., McRoy C.P., Flint M.V. The Bering Sea Green Belt: shelf-edge processes and ecosystem production // *Fish. Oceanogr.* 1996. Vol. 5, Iss. 3–4. P. 205–223. DOI: 10.1111/j.1365-2419.1996.tb00118.x.

Stabeno P.J., Bond N.A., Kachel N.B. et al. On the temporal variability of the physical environment over the south-eastern Bering Sea // *Fish. Oceanogr.* 2001. Vol. 10, № 1. P. 81–98.

Stabeno P.J., Bond N.A., Salo S.A. On the recent warming of the southeastern Bering Sea shelf // *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 2007. Vol. 54, № 23–26. P. 2599–2618. DOI: 10.1016/j.dsr2.2007.08.023.

Stabeno P.J., Kachel D.G., Kachel N.B., Sullivan M.E. Observations from moorings in the Aleutian Passes: temperature, salinity and transport // *Fish. Oceanogr.* 2005. Vol. 14. P. 39–54. DOI: 10.1111/j.1365-2419.2005.00362.x.

Stabeno P.J., Kachel N.B., Moore S.E. et al. Comparison of warm and cold years on the southeastern Bering Sea shelf and some implications for the ecosystem // *Deep-Sea Res. II.* 2012. Vol. 65–70. P. 31–45. DOI: 10.1016/j.dsr2.2012.02.020.

Stabeno P.J., Reed R.K. A major circulation anomaly in the western Bering sea // *Geophys. Res. Lett.* 1992. Vol. 19, № 16. P. 1671–1674.

Stabeno P.J., Schumacher J.D., Ohtani K. The physical oceanography of the Bering Sea // *Dynamics of the Bering Sea.* Fairbanks : Alaska Sea Grant College Program, 1999. P. 1–28.

Stepanenko M.A., Gritsay E.V. Eastern Bering Sea Pollock recruitment, abundance, distribution and approach to fishery management // *Fish. Sci.* 2014. Vol. 80, № 1. P. 151–160.

Stevenson D.E., Lauth R.R. Bottom trawl surveys in the northern Bering Sea indicate recent shifts in the distribution of marine species // *Polar Biol.* 2019. Vol. 42, № 2. P. 407–421.

Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K. et al. Technical Summary // *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / T.F. Stocker., D. Qin, G.-K. Plattner et al., eds. Cambridge, UK and N.Y., USA : Cambridge University Press, 2013. P. 33–115.

Stumpf L.K. Alaska Peninsula-Aleutian Islands herring sac roe and food and bait fisheries annual management report, 2017. Alaska Department of Fish and Game, Regional Information Report № 4K18- 06. Kodiak, 2018.

Sutton T., Dassau O., Sutton M. Gentle GIS Introduction. South Africa: Chief Directorate : Spatial Planning & Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape, 2009. 104 p.

Swartzman G., Winter A., Coyle K. et al. Relationship of age-0 pollock abundance and distribution around the Pribilof Islands, to other shelf regions of the eastern Bering Sea // *Fish. Res.* 2005. Vol. 74, Iss. 1–3. P. 273–287. DOI: 10.1016/j.fishres.2005.01.023.

Tanaka T., Yasuda I., Kuma K. Vertical turbulent iron flux sustains the Green Belt along the shelf break in the southeastern Bering Sea // *Geophys. Res. Lett.* 2012. Vol. 39, № 8. P. 1–5.

Taylor E.B., McPhail J.D. Prolonged and burst swimming in anadromous and freshwater threespine stickleback, *Gasterosteus aculeatus* // *Can. J. Zool.* 1986. Vol. 64. P. 416–420.

Terazaki M. Life history, distribution, seasonal variability and feeding of the pelagic chaetognath *Sagitta elegans* in the Subarctic Pacific // A Rev. Plankt. Biol. Ecol. 1998. Vol. 45, № 1. P. 1–17.

The ocean ecology of Pacific Salmon and Trout / R.J. Beamish, ed. Bethesda, Maryland, Maryland : American Fisheries Society, 2018. 1147 p.

Thorson J.T. Measuring the impact of oceanographic indices on species distribution shifts: The spatially varying effect of cold-pool extent in the eastern Bering Sea // Limnol. Oceanogr. 2019. Vol. 64, № 6. P. 2632–2645.

Tojo N., Kruse G.H., Funk F.C. Migration dynamics of Pacific herring (*Clupea pallasii*) and response to spring environmental variability in the southeastern Bering Sea // Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. 2007. Vol. 54, № 23–26. P. 2832–2848.

Tomczak M., Godfrey J.S. Regional Oceanography: An Introduction. L. : Pergamon, 1994. 422 p.

Urawa S., Sato S., Crane P. et al. Stock-specific Ocean Distribution and Migration of Chum Salmon in the Bering Sea and North Pacific Ocean // North Pacific Anadromous Fish Comm. Bull. 2009. № 5. P. 131–146.

Walker R.V., Sviridov V.V., Urawa Sh., Azumaya T. Spatio-temporal variation in vertical distribution of Pacific salmon in the ocean // NPAFC Bull. 2007. № 4. P. 193–201.

Walsh J.J., McRoy C.P. Ecosystem analysis in the southeastern Bering Sea // Cont. Shelf Res. 1986. Vol. 5. P. 259–288.

Walsh J.J., McRoy C.P., Coachman L.K. et al. Carbon and nitrogen cycling within the Bering/Chukchi Seas: Source regions for organic matter effecting AOU demands of the Arctic Ocean // Prog. Oceanogr. 1989 Vol. 22, № 4. P. 277–359.

Watanabe H., Kubodera T., Moku M., Kawaguchi K. Diel vertical migration of squid in the warm core ring and cold water masses in the transition region of the western North Pacific // Marine Ecology Progress Series, 2006. Vol. 315. P. 187–197.

Watanabe H., Moku M., Kawaguchi K. et al. Diel vertical migration of myctophid fishes (family Myctophidae) in the transitional waters of the western North Pacific // Fish. Oceanogr. 1999. Vol. 8, № 2. P. 115–127. DOI: [10.1046/j.1365-2419.1999.00103.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.1999.00103.x).

Wespestad V. On relationships between cannibalism, climate variability, physical transport, and recruitment success of Bering Sea walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) // ICES J. Mar. Sci. 2000. Vol. 57, № 2. P. 272–278.

Wespestad V. Walleye Pollock // Stock assessment and fishery evaluation report for the groundfish resources of the Bering Sea / Aleutian Islands Regions as projected for 1996. – NPFMC. Anchorage: 1995.

Wespestad V.G., Barton L.H. Distribution and migration and status of Pacific Herring // Fisheries oceanography-eastern Bering Sea Shelf. Seattle, Washington, 1979. NWAFC Processed Rep. 79-20. P.166–212.

Whoriskey F.G., Wootton R.J. The swimming endurance of threespine sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus* L., from the Afon Rheidol, Wales // J. Fish Biol. 1987. Vol. 30. P. 335–339.

Wood S.N. Generalized Additive Models: An Introduction with R. N.Y. : Chapman and Hall/CRC, 2017. 2nd ed. 496 p. DOI: 10.1201/9781315370279.

Working Group on Stock Identification (WGSI). 2022. Country reports on stock identification research activities in 2021/2022 // NPAFC Doc. 2053. P. 7.

Wyllie-Echeverria T., Wooster W.S. Year-to-year variations in Bering Sea ice cover and some consequences for fish distributions // Fish. Oceanogr. 1998. Vol. 7, № 2. P. 159–170.

Yasumiishi E.M., Cieciel K., Andrews A.G. et al. Climate-related changes in the biomass and distribution of small pelagic fishes in the eastern Bering Sea during late summer, 2002–2018 // Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. 2020. Vol. 181–182. 104907. DOI: 10.1016/j.dsr2.2020.104907.

Zuur A.F. A Beginner's Guide to Generalized Additive Models with R. Highland Statistics Limited, 2012. 188 p.

Zuur A.F., Hilbe J.M., Ieno E.N. A Beginner's Guide to GLM and GLMM with R. 2013. 256 c.

Zuur A.F., Ieno E.N., Elphick C.S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems // Methods Ecol. Evol. 2010a. Vol. 1, № 1. P. 3–14.

Zuur A.F., Ieno E.N., Smith G. Analysing Ecological Data. Springer, 2010b. 672 p.

Zuur A.F., Ieno E.N., Meesters E. A beginner's guide to R. Springer, 2009. 218 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Список рейсов, выполненных в эпипелагиали западной части Берингова моря

Название судна	Тип судна	Начало	Конец	Траления
Бабаевск	БАТМ	09.09.1986	01.11.1986	124
Гневный	РТМС	06.08.1987	22.10.1987	245
Дарвин	РТМС	07.08.1987	30.10.1987	42
Новодруцк	РТМС	08.10.1988	30.11.1988	136
Гиссар	РТМС	01.06.1989	31.07.1989	169
Млечный путь	РТМС	01.06.1990	26.06.1990	73
Новокотовск	РТМС	02.10.1990	17.11.1990	160
Профессор Леванидов	НИС (СТМ)	22.06.1991	03.07.1991	30
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	25.06.1991	26.08.1991	24
Профессор Кизеветтер	НИС (СТМ)	26.11.1991	30.11.1991	9
Профессор Леванидов	НИС (СТМ)	04.07.1992	16.07.1992	49
Профессор Кизеветтер	НИС (СТМ)	18.06.1993	06.07.1993	39
ТИНРО	НИС (СТМ)	28.06.1993	01.07.1993	11
ТИНРО	НИС (СТМ)	10.10.1993	30.11.1993	18
Профессор Леванидов	НИС (СТМ)	19.06.1995	09.07.1995	58
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	24.08.1996	11.09.1996	17
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	25.10.1997	16.11.1997	21
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	04.10.1998	19.10.1998	40
ТИНРО	НИС (СТМ)	22.08.1999	09.11.1999	89
ТИНРО	НИС (СТМ)	08.09.2000	22.10.2000	126
ТИНРО	НИС (СТМ)	30.06.2002	14.10.2002	97
ТИНРО	НИС (СТМ)	17.07.2003	25.10.2003	166
ТИНРО	НИС (СТМ)	21.07.2004	23.10.2004	119
ТИНРО	НИС (СТМ)	22.06.2005	04.08.2005	79
ТИНРО	НИС (СТМ)	27.07.2006	04.10.2006	137
ТИНРО	НИС (СТМ)	17.06.2007	24.10.2007	191
ТИНРО	НИС (СТМ)	15.07.2008	13.10.2008	101
ТИНРО	НИС (СТМ)	21.06.2009	25.07.2009	99
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	30.08.2009	11.10.2009	118
ТИНРО	НИС (СТМ)	17.09.2010	24.10.2010	147
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	23.09.2010	16.10.2010	70
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	11.06.2011	01.07.2011	74
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	02.09.2011	17.09.2011	71
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	07.09.2012	30.10.2012	103
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	10.06.2013	05.07.2013	86
ТИНРО	НИС (СТМ)	20.08.2013	10.10.2013	109
ТИНРО	НИС (СТМ)	17.09.2014	16.10.2014	46
Профессор Леванидов	НИС (СТМ)	13.06.2015	17.07.2015	119
ТИНРО	НИС (СТМ)	19.09.2015	23.09.2015	12
Профессор Леванидов	НИС (СТМ)	31.07.2018	18.08.2018	78
ТИНРО	НИС (СТМ)	30.09.2018	11.10.2018	34
Профессор Леванидов	НИС (СТМ)	30.09.2018	10.10.2018	23
ТИНРО	НИС (СТМ)	27.09.2019	06.10.2019	27
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	27.09.2019	06.10.2019	24
ТИНРО	НИС (СТМ)	24.09.2020	04.10.2020	30
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	26.09.2020	03.10.2020	24
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	06.06.2021	24.06.2021	60
ТИНРО	НИС (СТМ)	16.09.2021	01.10.2021	49
Профессор Кагановский	НИС (СТМ)	18.09.2021	30.09.2021	50
ИТОГО				3823

Видовой состав и частота встречаемости рыб и головоногих в уловах в верхней эпипелагиали западной части Берингова моря в июне-октябре 2003–2019 гг.

Семейство/вид	Длина, см		Биотоп	Ареал	КУ		Встречаемость, %				Кол-во встреч				Тип встречаемости			
	min	max			Крупн.	Мол.	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я
Рыбы и рыбообразные																		
Сем. Petromyzonidae																		
<i>Entosphenus tridentatus</i>	25	98	НПАн	Б	0.1	–	16.9	8.5	12.0	10.3	33	106	70	209	О	О	О	О
<i>Lethenteron camtschaticum</i>	28.4	69	ЭПАн	А–Б	0.1	–	0.5	0.2	1.2	0.5	1	2	7	10	С	С	Р	Р
Сем. Lamnidae																		
<i>Lamna ditropis</i>	166	252	ЭП	НБ–СТ	0.5	–	2.1	0.3	1.4	0.8	4	4	8	16	С	С	Р	Р
Сем. Squalidae																		
<i>Squalus suckleyi</i>	58	92	ЭЛ	СТ–Т	0.5	–	–	2.1	0.2	1.3	–	26	1	27	–	Р	С	Р
Сем. Somniosidae																		
<i>Somniosus pacificus</i>	97.5	123	ВБ	Б	0.4	–	–	0.3	–	0.2	–	4	–	4	–	С	–	С
Сем. Clupeidae																		
<i>Clupea pallasii</i>	6	47.5	НП	А–Б	0.4	0.2	53.8	10.9	48.7	25.9	105	137	285	527	М	О	М	М
<i>Sardinops melanostictus</i>	12	19	НП	НБ–СТ	0.4	–	–	1.6	–	1.0	–	20	–	20	–	Р	–	Р
Сем. Rajidae																		
<i>Bathyraja parmifera</i>	27	95	ВБ	Б	0.5	–	–	–	1.4	0.4	–	–	8	8	–	–	Р	С
<i>Bathyraja violacea</i>	29	35	ВБ	Б	0.5	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
Сем. Engraulidae																		
<i>Engraulis japonicus</i>	11	13.3	НП	НБ–СТ	0.1	–	–	0.2	–	0.1	–	2	–	2	–	С	–	С
Сем. Bathylagidae																		
<i>Bathylagus pacificus</i>	11	20	МП	Б	0.1	–	–	1.3	–	0.9	–	17	–	17	–	Р	–	Р
<i>Leuroglossus schmidtii</i>	3.7	19	МП	Б	0.1	–	16.9	51.3	2.3	35.0	33	643	13	712	О	Д	Р	М
<i>Lipolagus ochotensis</i>	5.8	14	МП	Б	0.1	–	–	7.6	0.9	5.1	–	95	5	104	–	О	С	О
<i>Nansenia candida</i>	13.5	22.5	МП	НБ	0.1	–	–	0.2	–	0.1	–	2	–	2	–	С	–	С
<i>Pseudobathylagus milleri</i>	18	19	МП	Б	0.1	–	–	0.2	–	0.1	–	2	–	2	–	С	–	С
Сем. Osmeridae																		
<i>Mallotus villosus</i>	2.5	19.5	НП	А–Б	0.1	0.05	30.8	0.6	43.4	15.8	60	7	254	321	М	С	М	М
<i>Osmerus dentex</i>	11.6	13.8	НПАн	А–Б	0.2	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
Сем. Salmonidae																		
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	10.6	79	ЭПАн	А–Б	0.3	0.4	25.6	66.6	13.3	47.4	50	835	78	963	М	Д	О	Д
<i>Oncorhynchus keta</i>	12	82	ЭПАн	А–Б	0.3	0.4	66.7	92.6	54.2	79.0	130	1160	317	1607	Д	Д	Д	Д

Семейство/вид	Длина, см		Биотоп	Ареал	КУ		Встречаемость, %				Кол-во встреч				Тип встречаемости			
	min	max			Крупн.	Мол.	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	13.2	68.3	ЭПАн	Б	0.3	0.4	5.6	31.5	2.1	20.6	11	395	12	418	Р	М	Р	М
<i>Oncorhynchus nerka</i>	10	70	ЭПАн	Б	0.3	0.4	40.5	82.4	18.6	60.1	79	1033	109	1221	М	Д	М	Д
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	15.8	104	ЭПАн	А–Б	0.3	0.4	29.2	55.5	19.5	42.6	57	696	114	867	М	Д	М	М
<i>Parasalmo mykiss</i>	36.4	36.4	ЭПАн	Б	0.3	0.4	0.5	–	–	+	1	–	–	1	С	–	–	С
<i>Salvelinus alpinus alpinus</i>	18.1	39.8	ЭПАн	Б	0.3	0.4	0.5	0.2	0.9	0.4	1	3	5	9	С	С	С	С
<i>Salvelinus malma malma</i>	15	70	ЭПАн	Б	0.3	0.4	2.6	9.3	2.6	6.7	5	116	15	136	Р	О	Р	О
Сем. Stomiidae																		
<i>Chauliodus macouni</i>	7.5	22	БП	Б	0.1	–	–	2.7	0.5	1.8	–	33	3	37	–	Р	С	Р
Сем. Notosudidae																		
<i>Scopelosaurus harrisi</i>	11.5	29.5	МП	НБ–СТ	0.1	–	11.3	38.4	–	25.6	22	481	–	521	О	М	–	М
Сем. Paralepididae																		
<i>Lestidiops ringens</i>	10	24.5	БП	НБ–СТ	0.2	–	–	2.5	–	1.6	–	31	–	32	–	Р	–	Р
Сем. Anotopteridae																		
<i>Anotopterus nikparini</i>	85	112	МП	СТ–Т	0.3	–	–	1.8	–	1.1	–	22	–	22	–	Р	–	Р
Сем. Alepisauridae																		
<i>Alepisaurus ferox</i>	117	117	МП	СТ–Т	0.3	–	–	0.1	–	+	–	1	–	1	–	С	–	С
Сем. Myctophidae																		
<i>Diaphus theta</i>	5.2	11	МП	Б	0.1	–	–	1.7	0.5	1.2	–	21	3	25	–	Р	С	Р
<i>Nannobranchium regale</i>	12.5	13	БП	НБ	0.1	–	–	0.2	–	0.1	–	2	–	2	–	С	–	С
<i>Protomyctophum thompsoni</i>	3	6.5	МП	НБ	0.1	–	–	0.4	–	0.2	–	5	–	5	–	С	–	С
<i>Stenobranchius leucopsarus</i>	2	16	МП	Б	0.1	–	21.1	64.6	2.7	44.1	41	810	16	896	М	Д	Р	М
<i>Stenobranchius nannochir</i>	9	11.5	БП	Б	0.1	–	1.4	0.2	–	0.2	3	2	–	5	С	С	–	С
<i>Symbolophorus californiensis</i>	7	9	МП	Б	0.1	–	–	0.2	–	0.1	–	2	–	2	–	С	–	С
<i>Tarletonbeania crenularis</i>	7.1	7.4	МП	Б	0.1	–	–	0.2	0.5	0.2	–	2	3	5	–	С	С	С
Сем. Macrouridae																		
<i>Albatrossia pectoralis</i>	92	92	НБ	Б	0.5	–	0.5	–	–	+	1	–	–	1	С	–	–	С
Сем. Gadidae																		
<i>Boreogadus saida</i>	5	26.5	НП	А	0.3	–	0.5	–	6.0	1.8	1	–	35	36	С	–	О	Р
<i>Eleginus gracilis</i>	5	10.5	СЛ	А–Б	0.4	0.1	–	–	2.4	0.7	–	–	14	14	–	–	Р	Р
<i>Gadus macrocephalus</i>	2.1	83	ЭЛ	Б	0.4	0.1	1.5	0.8	7.9	2.9	3	10	46	59	С	Р	О	О
<i>Theragra chalcogramma</i>	2	83	ЭМП	Б	0.4	0.1	50.3	21.2	77.1	40.1	98	266	451	815	М	М	Д	М
Сем. Scomberesocidae																		
<i>Cololabis saira</i>	20.1	36	ЭП	НБ–СТ	0.1	–	–	2.7	–	1.7	–	34	–	34	–	Р	–	Р
Сем. Gasterosteidae																		
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	5	11	НПАн	А–Б	0.05	–	15.9	17.6	0.2	12.4	31	221	1	253	О	М	С	М
Сем. Sebastidae																		

Семейство/вид	Длина, см		Биотоп	Ареал	КУ		Встречаемость, %				Кол-во встреч				Тип встречаемости			
	min	max			Крупн.	Мол.	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я
<i>Sebastes aleutianus</i>	15	20	ВБ	Б	0.5	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Sebastes ciliatus</i>	45	45	ЭЛ	ВБ	0/5	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Sebastes glaucus</i>	51	51	СЛ	НБ	0.5	–	–	0.1	–	+	–	1	–	1	–	С	–	С
<i>Sebastes</i> sp.	2.1	7.5	СЛ	Б	–	0.2	1.5	8.2	2.4	5.9	3	103	14	120	С	О	Р	О
Сем. Anoplopomatidae																		
<i>Anoplopoma fimbria</i>	9.5	22	ВБ	Б	0.5	0.2	1.5	10.7	1.2	7.1	3	134	7	144	С	О	Р	О
Сем. Hexagrammidae																		
Hexagrammidae gen. sp.	3.5	5.5	СЛ	Б	–	0.01	–	0.3	0.2	0.2	–	4	1	5	–	С	С	С
<i>Hexagrammos</i> sp.	6.5	6.5	СЛ	Б	–	0.2	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	1.5	43	ЭЛ	Б	0.4	0.2	15.9	44.5	3.8	30.0	31	557	22	610	О	М	Р	М
Сем. Cottidae																		
Cottidae gen. sp.	2	6.1	ЭЛ	Б	–	0.1	–	–	1.0	0.3	–	–	6	6	–	–	С	С
<i>Enophrys diceraus</i>	15	28	ЭЛ	Б	0.3	–	2.6	–	–	0.2	5	–	–	5	Р	–	–	С
<i>Gymnacanthus galeatus</i>	14	35.5	ЭЛ	Б	0.5	–	2.6	–	–	0.2	5	–	–	5	Р	–	–	С
<i>Gymnacanthus pistilliger</i>	14	31	ЭЛ	А–Б	0.5	–	1.5	–	0.2	0.2	3	–	1	4	С	–	С	С
<i>Gymnacanthus tricuspis</i>	7	17	ЭЛ	А	0.5	–	–	–	0.5	0.1	–	–	3	3	–	–	С	С
<i>Gymnocanthus detrisus</i>	12	29	ЭЛ	Б	0.5	–	5.1	0.1	0.7	0.7	10	1	4	15	Р	С	С	Р
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	8	27	ЭЛ	Б	0.4	0.1	1.5	–	0.5	0.3	3	–	3	6	С	–	С	С
<i>Hemilepidotus jordani</i>	14	36.4	ЭЛ	Б	0.4	0.1	1.5	0.1	1.4	0.6	3	1	8	12	С	С	Р	Р
<i>Hemilepidotus papilio</i>	4.6	36	ЭЛ	Б	0.4	0.1	4.6	0.1	6.5	2.4	9	1	38	48	Р	С	О	О
<i>Hemilepidotus</i> sp.	1	6	ЭЛ	Б	–	0.1	10.8	12.2	5.1	10.0	21	153	30	204	О	М	О	О
<i>Hemitripteris villosus</i>	4.3	45	СЛ	Б	0.5	0.1	0.5	0.1	0.2	0.1	1	1	1	3	С	С	С	С
<i>Icelus spatula</i>	5.8	6	ЭЛ	А–Б	0.2	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	7.8	46	ЭЛ	Б	0.5	–	0.5	–	1.2	0.4	1	–	7	8	С	–	Р	С
<i>Myoxocephalus verrucosus</i>	10	47	ЭЛ	А–Б	0.5	–	0.5	–	3.2	1.0	1	–	19	20	С	–	Р	Р
<i>Triglops forficatus</i>	10	25	ЭЛ	ВБ	0.2	–	1.0	–	0.2	0.1	2	–	1	3	С	–	С	С
<i>Triglops pingelii</i>	8	14	ЭЛ	А–Б	0.2	–	1.5	–	1.0	0.4	3	–	6	9	С	–	С	С
<i>Triglops</i> sp.	3.1	3.1	ЭЛ	–	0.2	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
Сем. Hemitripteridae																		
<i>Blepsias bilobus</i>	2.9	22	ЭЛ	Б	0.5	–	10.8	10.3	0.3	7.5	21	129	2	152	О	О	С	О
<i>Hemitripteris bolini</i>	6.3	6.3	ЭЛ	ВБ	0.5	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Nautichthys pribilovius</i>	6.1	6.3	ЭЛ	Б	0.2	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
Сем. Psychrolutidae																		
<i>Dasycottus setiger</i>	28	28	ВБ	Б	0.3	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Malacocottus zonurus</i>	3.1	3.1	ВБ	Б	0.5	–	–	0.1	–	+	–	1	–	1	–	С	–	С
Сем. Agonidae																		

Семейство/вид	Длина, см		Биотоп	Ареал	КУ		Встречаемость, %				Кол-во встреч				Тип встречаемости			
	min	max			Крупн.	Мол.	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я
<i>Agonidae gen. sp.</i>	3.5	3.5	–	–	0.2	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Aspidophoroides bartoni</i>	3	4.3	ЭЛ	Б	0.1	–	0.5	–	1.7	0.5	1	–	10	11	С	–	Р	Р
<i>Pallasina barbata</i>	16	16	СЛ	Б	0.1	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Podothecus accipenserinus</i>	13	26	ЭЛ	Б	0.3	–	0.5	–	1.0	0.3	1	–	6	7	С	–	С	С
<i>Podothecus sp.</i>	4.2	4.5	ЭЛ	Б	0.3	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Podothecus sturiooides</i>	13	24	ЭЛ	Б	0.3	–	0.5	–	0.2	0.1	1	–	1	2	С	–	С	С
<i>Podothecus veterinus</i>	11	28	ЭЛ	А–Б	0.3	–	0.5	0.1	1.5	0.5	1	1	9	11	С	С	Р	Р
<i>Sarritor frenatus</i>	9.9	16.7	ЭЛ	Б	0.2	–	–	–	0.9	0.2	–	–	5	5	–	–	С	С
Сем. Cyclopteridae																		
<i>Aptocyclus ventricosus</i>	2.8	39	ВБ	Б	0.5	–	16.4	26.8	9.6	20.9	32	336	56	424	О	М	О	М
<i>Cyclopteropsis lindbergi</i>	6	6	ЭЛ	Б	0.2	–	0.5	–	–	+	1	–	–	1	С	–	–	С
<i>Cyclopteropsis sp.</i>	6.1	6.1	–	–	0.2	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Eumicrotremus asperrimus</i>	2.5	14	МП	Б	0.2	–	12.3	0.2	2.2	2.0	24	3	13	40	О	С	Р	Р
<i>Eumicrotremus orbis</i>	4	11.5	ЭЛ	ВБ	0.2	–	4.1	0.6	3.1	1.6	8	7	18	33	Р	С	Р	Р
<i>Eumicrotremus schmidti</i>	4	8.8	ЭЛ	ВБ	0.2	–	1.0	–	0.7	0.3	2	–	4	6	С	–	С	С
<i>Eumicrotremus soldatovi</i>	9	9	ЭЛ	ВБ	0.2	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
Сем. Liparidae																		
<i>Careproctus rastrinus</i>	20.3	20.3	ВБ	Б	0.5	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Liparidae gen. sp.</i>	2.1	2.7	–	–	–	0.01	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Liparis gibbus</i>	6	56	ЭЛ	А–Б	0.5	0.1	1.0	–	2.6	0.8	2	–	15	17	С	–	Р	Р
<i>Liparis ochotensis</i>	5	50	ЭЛ	Б	0.5	0.1	1.5	–	5.3	1.7	3	–	31	34	С	–	О	Р
<i>Liparis sp.</i>	2	14.6	–	–	0.5	0.1	3.1	–	1.4	0.7	6	–	8	14	Р	–	Р	Р
Сем. Bramidae																		
<i>Brama japonica</i>	36.1	49	ЭП	НБ–СТ	0.5	–	–	2.1	–	1.3	–	26	–	26	–	Р	–	Р
Сем. Bathymasteridae																		
<i>Bathymaster sp.</i>	2.5	22	СЛ	Б	0.3	–	0.5	2.5	–	1.6	1	31	–	32	С	Р	–	Р
Сем. Zoarcidae																		
<i>Bothrocara hollandi</i>	19	19	ВБ	НБ	0.2	–	0.5	–	–	+	1	–	–	1	С	–	–	С
<i>Lycodes concolor</i>	21	41	ВБ	Б	0.3	–	–	–	0.3	0.1	–	–	2	2	–	–	С	С
<i>Lycodes palearis</i>	11.1	29.2	ЭЛ	Б	0.3	–	–	–	0.9	0.2	–	–	5	5	–	–	С	С
<i>Lycodes raridens</i>	61	61	ЭЛ	А–Б	0.3	–	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Zoarcidae gen. sp.</i>	2.3	3.4	ЭЛ	Б	–	0.01	0.5	0.2	0.3	0.3	1	3	2	6	С	С	С	С
Сем. Ptlichthyidae																		
<i>Ptlichthys goodei</i>	17.7	17.7	ЭЛ	Б	0.5	–	–	0.1	–	+	–	1	–	1	–	С	–	С
Сем. Stichaeidae																		
<i>Anisarchus medius</i>	4.5	5	ЭЛ	А–Б	–	0.01	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С

Семейство/вид	Длина, см		Биотоп	Ареал	КУ		Встречаемость, %				Кол-во встреч				Тип встречаемости			
	min	max			Крупн.	Мол.	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я
<i>Leptoclinus maculatus</i>	0.4	21	ЭЛ	ВБ	0.1	0.01	2.6	0.1	16.1	4.9	5	1	94	100	Р	С	М	О
<i>Lumpenella longirostris</i>	28	34	ВБ	Б	0.1	–	1.0	–	–	0.1	2	–	–	2	С	–	–	С
<i>Lumpenus sagitta</i>	3	20	ЭЛ	А–Б	0.1	0.01	1.0	–	1.7	0.6	2	–	10	12	С	–	Р	Р
<i>Stichaeidae gen. sp.</i>	2	7.5	СЛ	Б	–	0.01	4.1	7.6	4.3	6.3	8	95	25	128	Р	О	О	О
Сем. Anarhichadidae																		
<i>Anarhichas orientalis</i>	7	24.5	СЛ	Б	0.5	0.3	1.0	0.3	0.3	0.4	2	4	2	8	С	С	С	С
<i>Anarrhichthys ocellatus</i>	22.5	80	ЭЛ	Б	0.5	0.3	–	0.6	0.7	0.5	–	7	4	11	–	С	С	Р
Сем. Zaproridae																		
<i>Zaprora silenus</i>	4.1	39.7	ВБ	Б	0.5	–	7.7	15.6	6.8	12.3	15	195	40	250	О	М	О	М
Сем. Trichodontidae																		
<i>Trichodon trichodon</i>	8.9	27	ЭЛ	Б	0.5	–	1.0	0.1	0.3	0.2	2	1	2	5	С	С	С	С
Сем. Ammodytidae																		
<i>Ammodytes hexapterus</i>	2.5	22	НП	А–Б	0.1	0.01	11.8	1.0	10.8	4.8	23	12	63	98	О	Р	О	О
Сем. Icosteidae																		
<i>Icosteus aenigmaticus</i>	49	88	НБ	Б	0.5	–	–	0.5	–	0.3	–	6	–	6	–	С	–	С
Сем. Pleuronectidae																		
<i>Atheresthes evermanni</i>	4.5	44.2	ВБ	Б	0.4	0.01	–	–	0.9	0.2	–	–	5	5	–	–	С	С
<i>Atheresthes stomias</i>	5	68.8	ВБ	Б	0.4	0.01	0.5	0.1	1.0	0.4	1	1	6	8	С	С	С	С
<i>Glyptocephalus zachirus</i>	7	8	ВБ	Б	–	0.2	–	0.2	–	0.1	–	3	–	3	–	С	–	С
<i>Hippoglossoides elassodon</i>	8.9	37	ЭЛ	Б	0.5	0.2	–	–	2.2	0.6	–	–	13	13	–	–	Р	Р
<i>Hippoglossoides robustus</i>	4	38	ЭЛ	ВБ	0.5	0.2	2.6	–	11.1	3.4	5	–	65	70	Р	–	О	О
<i>Hippoglossoides sp.</i>	2.6	2.9	–	–	–	0.01	0.5	–	–	+	1	–	–	1	С	–	–	С
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	7	15	ВБ	А–Б	0.5	0.2	–	–	0.2	+	–	–	1	1	–	–	С	С
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	3	41	ЭЛ	ВБ	0.5	0.01	1.0	–	2.2	0.7	2	–	13	15	С	–	Р	Р
<i>Limanda aspera</i>	25	38.7	ЭЛ	А–Б	0.5	–	0.5	–	0.7	0.2	1	–	4	5	С	–	С	С
<i>Limanda sakhalinensis</i>	9	29	ЭЛ	Б	0.5	0.2	4.6	–	2.1	1.0	9	–	12	21	Р	–	Р	Р
<i>Platichthys stellatus</i>	18	41	СЛ	А–Б	0.5	–	0.5	0.1	–	0.1	1	1	–	2	С	С	–	С
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	12	59	ЭЛ	Б	0.5	0.2	–	–	1.4	0.4	–	–	8	8	–	–	Р	С
<i>Pleuronectidae gen. sp.</i>	2.5	6.7	ЭЛ	Б	–	0.2	1.5	0.6	3.8	1.6	3	8	22	33	С	С	Р	Р
<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	2	83	ЭЛ	Б	0.5	0.01	8.2	0.6	28.0	9.2	16	8	164	188	О	С	М	О
Всего видов рыб и рыбообразных							65	65	83	113								
Головоногие																		
Сем. Onychoteuthidae																		
<i>Moroteuthis robustus</i>	95	115	БП	НБ	0.5	–	–	0.2	–	0.1	–	2	–	2	–	С	–	С
<i>Onychoteuthis borealijaponica</i>	20.5	35.5	ЭП	НБ	0.1	–	–	0.2	–	0.1	–	2	–	2	–	С	–	С

Семейство/вид	Длина, см		Биотоп	Ареал	КУ		Встречаемость, %				Кол-во встреч				Тип встречаемости			
	min	max			Крупн.	Мол.	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я	ККШ	Глуб.	АНР	Вся акв-я
Сем. Gonatidae																		
<i>Berryteuthis magister</i>	2.5	31	ВБ	Б	0.1	0.01	14.4	2.3	9.7	5.6	28	29	57	114	О	Р	О	О
<i>Boreoteuthis borealis</i>	2	29	МП	Б	0.1	0.01	50.7	101.0	27.5	76.7	99	1265	161	1559	М	Д	М	Д
<i>Eogonatus tinro</i>	1.9	11.2	МП	Б	0.1	0.01	–	0.4	0.7	0.4	–	5	4	9	–	С	С	С
<i>Gonatidae gen. sp.</i>	1.5	26	ЭМП	Б	0.1	0.01	5.1	20.1	4.3	14.1	10	252	25	287	Р	М	О	М
<i>Gonatopsis japonicus</i>	5	22.1	ЭМП	НБ	0.1	0.01	0.5	5.7	–	3.6	1	72	–	73	С	О	–	О
<i>Gonatopsis makko</i>	10.2	25	МП	Б	0.1	–	–	1.6	–	1.0	–	20	–	20	–	Р	–	Р
<i>Gonatopsis octopedatus</i>	3.5	10.5	ЭМП	Б	0.1	0.01	–	0.3	–	0.2	–	4	–	4	–	С	–	С
<i>Gonatopsis sp.</i>	4	6	ЭМП	Б	–	0.01	–	0.2	0.2	0.1	–	2	1	3	–	С	С	С
<i>Gonatus berryi</i>	4.5	6.3	МП	Б	0.1	0.01	–	0.2	–	0.1	–	2	–	2	–	С	–	С
<i>Gonatus kamtschaticus</i>	0.9	43	ЭМП	Б	0.1	0.01	17.4	50.9	18.3	38.3	34	638	107	779	О	Д	М	М
<i>Gonatus madokai</i>	0.6	38	ЭМП	Б	0.1	0.01	7.2	13.8	1.9	9.7	14	173	11	198	О	М	Р	О
<i>Gonatus onyx</i>	2.5	14.5	МП	НБ	0.1	0.01	4.2	26.2	1.8	17.7	8	329	11	360	Р	М	Р	М
<i>Gonatus pyros</i>	5.1	13	МП	Б	0.1	0.01	1.4	4.9	–	3.3	3	62	–	67	С	О	–	О
<i>Gonatus sp.</i>	1.8	28	ЭМП	Б	0.1	0.01	–	1.4	–	0.9	–	18	–	18	–	Р	–	Р
<i>Okutania anonycha</i>	2	8.3	МП	НБ	0.1	0.01	–	1.3	–	0.9	–	17	–	17	–	Р	–	Р
Сем. Ommastrephidae																		
<i>Todarodes pacificus</i>	23	25.2	ЭП	НБ–СТ	0.1	–	–	0.2	–	0.1	–	2	–	2	–	С	–	С
Сем. Chiroteuthidae																		
<i>Chiroteuthis calyx</i>	5.2	6.4	МП	НБ–СТ	0.1	0.01	–	0.2	–	0.1	–	3	–	3	–	С	–	С
Сем. Cranchiidae																		
<i>Galiteuthis phyllura</i>	6.3	60.3	БП	НБ–СТ	0.3	–	0.5	0.6	–	0.4	1	7	–	8	С	С	–	С
<i>Taonius borealis</i>	27.5	40.5	МП	НБ–СТ	0.5	–	–	0.2	–	0.1	–	3	–	3	–	С	–	С
Сем. Amphitretidae																		
<i>Japetella diaphana</i>	1.2	15.9	БП	СТ–Т	0.1	0.05	0.5	2.7	0.2	1.8	1	34	1	36	С	Р	С	Р
Сем. Octopodidae																		
<i>Octopus sp.</i>	1.6	1.6	–	–	–	0.5	0.5	0.1	–	0.1	1	1	–	2	С	С	–	С
Всего видов головоногих							10	20	7	20								
Всего видов рыб и рыбообразных							75	85	90	133								

Примечание. Полужирным курсивом – выделены ночные виды, для них частота встречаемости учитывалась по ночным тралениям соответственно. ККШ – карагинско-корякский шельф, Глуб. – глубоководные котловины, АНР – анадырско-наваринский район. Ку – коэффициент уловистости трала для данного вида, «+» – встречаемость менее 0,1 %. Биотопическая принадлежность [Иванов, Суханов, 2012; Иванов, 2013]: ЭП – эпипелагический; ЭПАН – эпипелагический анадромный; ЭМП – эпимезопелагический; НП – неритопелагический; НПАН – неритопелагический анадромный; МП – мезопелагический; СЛ – сублиторальный; ЭЛ – элиторальный; ВБ – верхнебатиальный; Тип ареала [Иванов, Суханов, 2012; Иванов, 2013]: А-Б – арктическо-бореальный (интерзона); Б – бореальный (зона); ВБ – высокобореальный (подзона бореальной зоны); НБ – низкобореальный (подзона бореальной зоны); НБ-СТ – нижнебореально-субтропический (интерзона); СТ-Т – субтропическо-тропический (подзоны тропической зоны). Серым цветом обозначены объекты, неопределенные до вида и не учитывающиеся при расчете суммарного количества видов.

Состав (%) и объемы потребления пищи (тыс. т) минтаем различных размерных групп в северо-западной части Берингова моря
по материалам трофологической базы данных ТИНРО

Группа	Июнь			Июль					Август					Сентябрь					Октябрь				
	20-30	40-50	50-99	0-20	20-30	30-40	40-50	50-99	0-20	20-30	30-40	40-50	50-99	0-20	20-30	30-40	40-50	50-99	0-20	20-30	30-40	40-50	50-99
Euphausiacea	30.0	45.4	1.0	60.9	12.1	21.1	53.2	47.1	60.9	75.9	16.2	25.6	6.9	32.9	23.5	27.4	14.0	5.4	37.1	33.7	21.3	24.3	7.1
Copepoda	70.0	51.6	95.0	25.8	79.2	55.1	17.7	5.7	25.8	22.3	70.4	50.6	11.4	36.3	27.2	17.7	2.5	0.4	25.7	15.9	15.8	7.6	0.3
Amphipoda	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	5.8	7.0	7.8	0.0	0.0	0.7	1.2	7.6	14.7	19.2	10.7	24.3	19.9	4.4	6.7	11.5	11.0	0.8
Pteropoda	0.0	3.0	3.0	0.0	0.0	6.1	2.4	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Chaetognatha	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	2.6	0.3	0.1	0.0	0.7	0.0	2.0	3.0	0.1
Cephalopoda	0.0	0.0	1.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.3	0.7	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.6	0.0	0.0	0.2	0.0	2.1	0.0	0.0	1.0
Мелк. пелагич. рыбы	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	22.3	0.0	0.0	0.2	1.1	2.5	2.7	3.3	7.6	26.1	28.8	2.6	27.4	24.5	16.2	70.9
Мезопелагич. рыбы	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9	14.1	45.3	6.5	5.3	14.5	17.8	32.1	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
Железелье	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	4.3	5.6	6.2	0.0	1.8	0.9	0.0	0.0	0.1	8.4	10.0	1.1	0.0	4.5	11.8	23.2	30.2	0.2
Decapoda	0.0	0.0	0.0	12.6	0.3	5.6	4.8	7.4	12.6	0.0	0.7	6.9	21.9	1.2	8.8	10.0	13.7	12.8	1.0	0.9	1.0	3.8	15.5
Mysida	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6	1.4	0.4	1.7	2.6
Меропланктон	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.7	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	1.7	0.0	0.1	0.8	0.0	0.2	1.2	0.2
Донные рыбы (мол.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
Перевар. пища	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Other	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cumacea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Holothuroidea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N проб	2	3	1	23	32	33	49	12	5	17	17	24	43	47	49	38	50	49	23	37	30	23	23
N желудков	6	9	13	173	247	217	216	181	35	344	321	230	466	462	473	272	267	949	227	334	232	58	58
ИНЖ (по пробам), ‰	141.1	214.6	247.9	158.7	126.0	146.0	161.5	117.6	25.1	106.6	61.0	96.0	210.2	111.5	101.2	144.4	273.8	201.9	116.5	119.4	123.9	336.7	336.7
ИНЖ (по желудкам), ‰	235.1	230.5	247.9	181.4	133.3	136.8	167.6	131.1	38.3	111.5	64.9	99.7	217.2	111.7	95.3	175.4	337.1	209.9	111.1	128.7	138.5	375.9	375.9
Средний вес рыбы	115.8	658.3	1081.0	1.3	107.5	293.8	626.2	1164.3	4.3	132.5	369.5	584.2	1094.1	26.1	137.0	319.9	621.6	1548.2	10.6	136.2	313.5	522.3	1441.0
Средняя длина рыбы	25.8	46.0	54.4	24.8	35.4	45.3	57.4	6.8	26.6	37.1	43.8	54.8	13.3	25.1	34.8	45.0	59.2	10.2	25.3	35.1	45.0	58.3	58.3
СПР [Волков, 2016а]	4.5	2.2	1.8	6.0	4.5	2.9	2.2	1.8	6.0	4.5	2.9	2.2	1.8	6.0	4.5	2.9	2.2	1.8	6.0	4.5	2.9	2.2	1.8
Биомасса, тыс. т	36.1	268.9	142.3	18.7	45.0	127.2	343.6	205.9	11.7	29.4	403.0	228.4	90.1	120.4	392.8	689.6	268.0	268.5	356.4	247.0	321.1	278.1	104.8
Суточное потребление, тыс. т	1.6	5.9	2.6	1.1	2.0	3.7	7.6	3.7	0.7	1.3	11.7	5.0	1.6	7.2	17.7	20.0	5.9	4.8	21.4	11.1	9.3	6.1	1.9
Месячное потребление, тыс. т	48.8	177.5	76.8	33.7	60.8	110.7	226.8	111.2	21.0	39.7	350.6	150.8	48.6	216.7	530.3	599.9	176.9	145.0	641.5	333.5	279.4	183.5	56.6

Состав (%) и объемы потребления пищи кетой различных размерных групп в северо-западной части Берингова моря по материалам трофологической базы данных ТИНРО

Группа	Июнь	Июль				Август				Сентябрь				Октябрь			
	Размерный класс																
	50-99	30-40	40-50	50-99	10-30	30-40	40-50	50-99	10-30	30-40	40-50	50-99	10-30	30-40	40-50	50-99	
Euphausiacea	19,5	0,0	1,1	3,3	0,0	15,3	8,4	15,3	19,7	24,1	3,1	9,9	2,9	15,2	35,8	0,4	
Copepoda	0,0	1,1	0,5	0,4	0,0	15,2	4,0	0,1	4,9	3,4	1,3	1,9	0,1	0,0	0,0	0,1	
Amphipoda	21,9	23,9	54,0	33,9	0,0	14,1	5,8	3,7	58,6	15,2	56,1	56,7	53,5	9,0	6,6	5,3	
Pteropoda	5,4	0,0	2,6	10,0	0,0	1,8	0,0	3,8	3,5	1,6	10,2	7,4	35,1	0,0	0,0	1,7	
Chaetognatha	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,4	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,2	
Coelenterata	51,9	0,0	3,9	12,0	0,0	12,5	27,7	33,6	4,8	27,4	19,7	7,1	3,3	7,0	0,0	0,0	
Decapoda	0,0	0,0	1,2	0,7	0,0	16,1	6,8	10,7	0,3	1,5	1,0	0,9	0,1	0,0	0,0	0,1	
Mysida	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Меропланктон	0,0	22,2	5,4	0,8	0,0	1,4	0,2	0,5	0,0	1,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
Cephalopoda	0,4	0,0	0,1	0,5	0,0	2,7	0,0	0,0	1,3	2,0	2,3	3,1	0,7	9,3	0,0	0,7	
Мелк. пелагич. рыбы	0,4	50,0	28,1	5,8	100,0	21,0	40,4	19,4	3,0	0,0	2,1	3,9	3,1	43,1	31,8	80,2	
Мезопелагич. рыбы	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	
Донные рыбы (мол.)	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	
Перевар. пища	0,0	2,8	3,0	31,8	0,0	0,0	6,7	12,7	2,1	23,4	2,1	3,3	0,5	16,3	25,8	11,2	
N проб	6	11	20	116	3	17	18	67	36	26	37	117	23	7	5	12	
N желудков	16	90	188	574	7	158	215	427	221	58	210	494	146	23	11	22	
ИНЖ (по пробам), ‰	148,8	72,9	94,2	100,2	126,0	94,1	81,3	54,6	201,5	95,2	90,0	84,5	120,9	132,8	55,4	39,9	
ИНЖ (по желудкам), ‰	164,6	64,9	87,2	96,4	139,7	101,5	76,4	52,0	193,9	93,2	95,1	84,8	142,4	88,9	54,2	39,0	
Средний вес рыбы, г	3293,9	529,2	1134,4	2731,5	33,0	551,4	1158,0	2996,6	68,3	596,8	1298,4	2785,4	87,7	642,3	1129,2	2268,1	
Средняя длина рыбы, см	62,9	35,8	45,7	58,7	14,9	36,4	46,0	59,7	17,7	36,8	46,7	59,0	20,1	38,0	45,8	56,8	
СПР, %	3,8	4,6	3,9	3,8	6,4	4,6	3,9	3,8	6,4	4,1	3,1	2,3	6,4	4,1	3,1	2,3	
Доля в уловах (по численности), %	100,0	22,0	26,9	51,0	0,1	23,8	40,0	36,1	23,0	4,4	21,8	50,8	75,8	7,9	4,6	11,7	
Доля в уловах (по биомассе), %	100,0	6,4	16,8	76,7	0,0	7,8	27,7	64,5	0,9	1,5	16,3	81,3	15,3	11,7	11,9	61,2	
Биомасса, тыс. т	3,7	3,0	7,9	36,0	0,0	5,7	20,3	47,4	0,3	0,5	4,9	24,7	0,3	0,3	0,3	1,3	
Суточное потребление, тыс. т	0,1	0,1	0,3	1,4	0,0	0,3	0,8	1,8	0,0	0,0	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	
Месячное потребление, тыс. т	4,2	4,2	9,2	41,0	0,0	7,9	23,8	54,0	0,5	0,6	4,6	17,1	0,6	0,3	0,2	0,9	

Примечание. СПР для кеты взят как усредненная величина из рейсовых отчетов.

Состав (%) и объемы потребления пищи сельдью, мойвой и мезопелагическими рыбами в северо-западной части Берингова моря по материалам трофологической базы данных ТИНРО

Группа	Сельдь				Мойва				Мезопел. рыбы			
	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Euphausiacea	47,7	86,0	49,9	45,0	64,9	89,0	64,0	47,8	78.4	80.8	71.1	81.2
Copepoda	41,5	5,6	18,9	22,6	22,0	4,8	29,1	28,7	0,0	2,8	9,7	3,8
Amphipoda	6,9	0,5	28,4	28,8	10,7	6,2	1,3	5,4	8,7	4,9	15,9	7,3
Pteropoda	0,3	0,0	0,1	0,6	0,0	0,0	0,0	2,0	0,9	0,1	0,1	0,0
Chaetognatha	0,5	0,3	0,8	1,8	0,4	0,0	0,5	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Желетелье	0,5	0,0	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,6	5,4	5,7	0,8	0,0
Decapoda	0,0	0,2	0,3	0,3	0,0	0,0	1,6	0,9	0,0	0,0	1,0	0,0
Mysida	0,2	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	3,3	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Meroplankton	0,2	0,0	0,1	0,0	0,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0
Cephalopoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0
Мелк. пелагич. рыбы	1,8	7,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Донные рыбы (мол.)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Перевар. пища	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,1	0,9	0,0
Прочее	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	7,7
N проб	40	32	99	43	26	14	32	39	4	71	88	12
N желудков	341	286	948	447	213	233	458	851	55	1112	1459	179
ИНЖ (по пробам), ‰	109,6	88,5	66,5	134,3	102,5	107,4	193,6	128,9	43,9	59,2	33,4	60,3
ИНЖ (по желудкам), ‰	96,1	63,6	68,9	123,3	104,6	91,8	216,7	130,7	48,0	37,8	30,0	49,2
Средний вес рыбы, г	247,6	261,5	232,7	154,4	12,3	11,5	19,7	12,6	9,9	7,8	7,5	6,7
Средняя длина рыбы, см	28,3	27,8	27,0	23,3	13,0	12,3	13,7	12,7	10,4	9,2	8,9	9,3
СПР, %	3,1	3,1	1,8	1,8	3,4	3,4	3,4	3,4	1,1	1,1	1,4	1,4
Биомасса, тыс. т	29.3	116.7	358.1	33.7	48.8	3.1	1209	857.6	1.9	85.8	243.4	1.9
Суточное потребление, тыс. т	0,91	3,6	6,5	0,61	1,65	0,1	41,1	29,2	0,03	0,94	3,4	0,03
Месячное потребление, тыс. т	27.2	108.5	193.4	18.2	49.6	3.2	1233.2	874.8	0.8	28.3	102.2	0.8

Примечание. СПР сельди в летние месяцы был принят за 3,1 %, а для осенних – 1,8 % [Ефимкин, 2001]. Также стоит отметить, что сельдь одна из немногих массовых видов рыб, у которых в питании разноразмерных особей не отмечается принципиальных отличий [Микулич, 1957; Харитонов, 1965; Кун, 1975; Кузнецова, 1997]. Для мойвы СПР 3,4 %, принят как усредненный показатель нескольких независимых оценок, проведенных В.И. Чучукало, В.Ф. Савиных и А.Я. Ефимкиным для анадырского и олюторско-карагинского районов в летне-осенний период 1986–1995 гг. [Чучукало, 2006], для мезопелагических рыб взят из публикаций [Горбатенко, Ильинский, 1991; Баланов, Горбатенко, 1995].

Динамика климато-океанологических показателей для использования в расчётах

Год	AS_198E	AS_181E	AS_174E	Blizhny	BSC_E	BSC_C	BSC_W	KC	Kam_str	SST_DEEP	ICE_BS	ICE_WBS	AL	EU+AM	Cop	CBS_Chum	CBS_Sock	CBS_Chin
	м ² /с	°С	тыс. км ²	тыс. км ²	-	мг/м ³	мг/м ³	экз./км ²	экз./км ²	экз./км ²								
2000	24,12	-0,57	7,11	1,00	9,59	12,97	11,28	10,89	14,58	7,16	807,8	398,2	5	26,5	217,7	–	–	–
2001	29,03	4,48	12,63	-2,44	12,15	12,35	15,62	10,69	13,62	6,30	639,7	342,5	1	–	–	–	–	–
2002	27,53	7,91	5,67	3,74	12,95	14,87	13,66	8,64	16,83	7,11	792,7	299,2	5	27,1	279,2	–	–	–
2003	36,07	12,71	14,71	6,38	14,01	16,85	18,67	13,91	19,28	8,57	707,7	252,4	3	29,4	188,2	–	–	–
2004	30,48	11,31	18,56	13,58	13,49	16,02	17,29	12,19	19,53	8,41	747,1	275,9	1	139	49,6	–	–	–
2005	25,43	12,11	14,49	10,24	11,71	13,26	14,95	7,61	18,27	7,99	686,4	303,2	1	–	–	–	–	–
2006	28,47	10,89	14,85	6,14	3,49	12,42	11,93	8,71	17,16	8,37	728,9	270,1	4	20,7	78,3	–	–	–
2007	25,99	6,83	3,62	8,50	11,38	15,26	12,99	8,52	16,05	8,05	893,3	235,2	8	16,3	73,9	12,3	119,1	3,7
2008	24,81	10,23	13,61	8,55	9,79	11,95	14,76	7,56	17,76	8,90	1107,1	311,8	8	15,9	36,5	19,1	138,2	5,5
2009	21,28	7,97	12,68	6,55	8,89	9,66	12,24	5,71	11,28	7,54	973,3	329,3	8	7,9	81,5	9,3	104,4	4,5
2010	32,70	12,62	16,69	4,93	13,78	18,62	23,47	7,75	19,19	8,50	1038,3	304	9	32,1	68,9	–	–	–
2011	23,41	9,15	14,38	9,13	10,85	13,44	18,73	6,24	14,74	8,09	719,6	188,6	8	–	–	5,3	142,3	4,0
2012	19,48	8,39	15,93	6,75	7,22	9,10	9,23	6,59	12,79	6,82	1159,7	380,3	8	69,4	52,4	7,2	155,3	5,7
2013	22,61	10,08	13,40	8,53	4,81	10,68	13,17	9,88	14,61	8,37	988,3	336,5	8	68,4	55,1	7,8	90,6	6,4
2014	23,64	4,41	10,81	4,62	7,86	12,91	9,81	8,62	17,78	8,98	798,3	305,7	8	33,2	41,3	10,7	100,4	4,7
2015	33,69	15,18	13,17	8,59	10,85	13,91	13,22	8,31	21,60	7,98	658,9	208,8	3	–	–	11,0	75,3	4,7
2016	37,31	13,15	14,79	4,10	13,50	15,92	18,46	11,85	15,94	9,15	689,1	318,6	2	–	–	17,3	97,5	2,5
2017	26,85	13,30	19,80	8,20	12,63	15,52	14,85	11,13	18,93	8,76	690,2	155,8	8	18,7	80,6	13,6	132,5	2,4
2018	24,26	10,22	19,67	14,20	7,59	10,31	14,51	6,33	16,31	9,14	353,3	124,9	1	16,2	108,1	14,9	84,2	2,0
2019	22,22	12,44	16,86	11,06	11,12	13,07	16,02	11,34	20,94	8,90	361,4	224,4	1	21,7	53,1	12,8	93,0	2,0
2020	20,94	16,28	16,48	8,79	8,78	12,39	11,04	9,62	16,02	8,68	793	240	7	27,5	29,5	32,3	103,8	3,5
2021	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,79	653	253	1	10,2	38,5	14,3	78,3	2,6
λ	-0,99	1,87	-0,99	0,83	1,37	0,54	0,76	0,17	1,35	1,99	-0,99	1,47	–	-0,23	-0,6	-0,28	-0,26	0,52

Примечания. CBS_Chum – средний улов кеты в центральной части Берингова моря (ЦБМ) по данным японских летних траловых съёмок, EU.AM – концентрация эвфаузиид и амфипод в в глубоководных районах ЗЧБМ, Cop – концентрация копепод в глубоководных районах ЗЧБМ, ICE_WBS – ледовитость (площадь распространения льда в марте) в ЗЧБМ, KC – интенсивность Камчатского течения (КТ) зимой, BSC_E, BSC_C, BSC_W – интенсивность Берингоморского склонового течения (БСТ) в его восточной, центральной и западной частях зимой, Blizhn – интенсивность потока через прол. Ближний зимой, AS_174E, AS_181E, AS_198E – интенсивность Аляскинского течения (АТ) на разрезах 174, 181° в.д. и 162° з.д. зимой, SST – средняя за июнь-октябрь температура поверхности в глубоководных районах ЗЧБМ, AL_St – конфигурация Алеутского минимума (АМ) зимой, λ – степень преобразования данных для приведения к нормальному распределению.

Биомасса основных видов нектона в эпипелагиали глубоководных котловин западной части Берингова моря

Слой	0–50					50–200				
	1986–1990	Изм.	1991–2002	Изм.	2003–2019	1986–1990	Изм.	1991–2002*	Изм.	2003–2019*
Вид/группа видов	971.9±699.6	↓	184.8±203.7	↓	11.8	2970.5±1403.2	↓	276.7±1072.3	↓	39.7±35.5
Минтай (взрослый)	971.9±699.6	↓	184.8±203.7	↓	11.8	2970.5±1403.2	↓	276.7±1072.3	↓	39.7±35.5
Минтай (молодь)	51.9±264.2	↗	107.1±139.8	↓	13.1	279.8±155.9	↘	89.9±235.3	↓	2.6
Сельдь	8.4	↔	8.4	↗	24.2	10.9	↗	25.7±43.6	↔	32.7±64.9
Мойва	2.7	↔	1.9	↗	6.1	0.4	↔	1.0±4.1	↔	0
Кета (взрослая)	11.8±6.7	↑	124.4±38.1	↔	200.6±33.2	3.7	↔	4.6±5.9	↓	0.5
Кета (молодь)	0.7	↑	10	↗	39.3±14.6	–		–		–
Нерка (взрослая)	8.2	↑	47.4±23	↔	64.1±13.4	2.1	↑	15±14.6	↔	11.4±6.4
Нерка (молодь)	0.4	↑	6.2	↗	24.9	–		–		–
Горбуша (взрослая)	0.1	↑	27.2±16.4	↔	48.7±19.6	–		–		–
Горбуша (молодь)	6	↔	4	↑	26.7±7.2	–		–		–
Чавыча (взрослая)	1.3	↗	5.1	↔	8.7	0.6	↘	0.2	↓	–
Чавыча (молодь)	0.1	↑	0.6	↑	3.8	–		–		–
Кижуч	–	↑	0.2	↑	2.2	–		0.1	↓	–
Светлоперый стенобрах	99.7±40.6	↔	86.9±108.1	↘	20	129.2±114.2	↘	48.7±87.6	↗	127.6±60
Серебрянка	17.1±9.7	↘	6	↔	11.4	26	↘	12.8±21.5	↗	42±10.8
Северный одноперый терпуг (молодь)	28.4±29	↗	137±90.4	↓	26.1	–		–		–
Рыба-лягушка	9.6	↓	1.6	↔	1.4	0.2	↔	0.4	↑	5.4±1.4
Сайка	–		–		–	–		–		–
Трёхиглая колюшка	–		–	↑	6.2	–		–		–
Молодь донных видов	0.1	↑	3.6	↓	0.6	0.2	↔	0.2	↓	–
Виды-южные мигранты	0	↔	0	↑	13.5	–		–		–
Северный кальмар	1.7	↑	60.1±45.4	↗	195.6±63.9	17.2	↔	20.4±4.3	↔	21±5.5
Камчатский гонатус	0	↑	3.5	↗	8.3	2.1	↔	2.7	↔	5.1±1.8

Примечание. Для самых массовых видов указана ошибка среднего (SE), ↓ – уменьшение в 5 раз и более, ↘ – снижение от 2 до 5 раз, ↔ – снижение или увеличение до 2 раз, ↗ – увеличение от 2 до 5 раз, ↑ – увеличение в 5 раз и более. Тотальная биомасса для нижней эпипелагиали пересчитана на всю площадь из данных по обследованной акватории.

Биомасса основных видов nekтона в эпипелагиали анадырско-наваринского района западной части Берингова моря

Слой	0–50					50–200				
	1986–1990	Изм.	1991–2002	Изм.	2003–2019	1986–1990	Изм.	1991–2002	Изм.	2003–2019
Минтай (взрослый)	455.8±264.5	↔	334.2±367.4	↔	517.7±321.4	1046.1±647.3	↔	961.2±418.1	↔	655.3±380.7
Минтай (молодь)	30.8±36.7	↑	528.9±826.1	↘	236.4±159.2	235.6±380.7	↗	594.1±354.1	↔	335.1±189.4
Сельдь	4.1±5.3	↔	2.1	↑	169.4±126.2	31.1±163.2	↓	1.5	↑	159±135.8
Мойва	31.6±20.5	↗	112.2±102.4	↔	76±55.5	0.6	↑	36.3±20.3	↓	0.7
Кета (взрослая)	6.5±3.1	↘	1.6	↑	56.4±17.2	5.9	↓	0.1	↑	2.2
Кета (молодь)	0	↑	0.6	↑	8.8	–		–		–
Нерка (взрослая)	0	↑	0.2	↑	1.5	0.1	↓	0	↑	0
Нерка (молодь)	0	↑	0.1	↑	0.7	–		–		–
Горбуша (взрослая)	0	↓	0	↑	1.5	–		–		–
Горбуша (молодь)	0	↑	0	↘	0	–		–		–
Чавыча (взрослая)	0.1	↑	1	↗	2	0.2	↓	0	↔	0
Чавыча (молодь)	0		0		0	–		–		–
Кижуч	0		0		0	0	↑	0	↓	0
Светлоперый стенобраз	0		0	↑	0.5	12.7	↓	0.5	↔	0.9
Серебрянка	0		0	↑	0.3	0.3	↓	0	↔	0
Северный одноперый терпуг (молодь)	0	↑	0.2	↘	0.1	–		–		–
Рыба-лягушка	0.4	↘	0.2	↘	0.1	0.4	↔	0.7	↔	0.4
Сайка	9.8±5.7	↑	203.3±511.6	↘	79.3±205.1	0.4	↓	0	↔	0
Трёхиглая колюшка	0	↘	0	↑	0	–		–		–
Молодь донных видов	1.6	↔	2.7	↘	1.3	0.3	↑	2	↘	0.5
Виды-южные мигранты	0	↘	0	↑	0	–		–		–
Северный кальмар	0	↑	0.1	↑	3.5	0.3	↓	0	↑	0.5
Камчатский гонатус	0	↑	0.1	↗	0.3	0	↑	0.1	↔	0.1

Примечание. Обозначения как в Приложении 7.

Биомасса основных видов nekтона в эпипелагиали карагинско-корякского шельфа западной части Берингова моря

Слой	0–50					50–200				
	1986–1990	Изм.	1991–2002	Изм.	2003–2019	1986–1990	Изм.	1991–2002	Изм.	2003–2019
Минтай (взрослый)	334.5±248.8	↔	176±107.7	↔	199.1±75.9	854.6±287.3	↘	376.7±243.5	↓	24.8±15.6
Минтай (молодь)	63.6±55.7	↗	138.8±110	↔	162.6±94.7	33.7±34.9	↗	90.7±91.4	↓	0.4
Сельдь	104.1±62.5	↔	58.1±84.5	↗	126.7±75.4	20.4±33.3	↗	79.7±35.1	↔	85.9±55.7
Мойва	85.8±51.2	↘	23±43	↔	30.5±17	6.3	↑	307.1±279	↓	0.3
Кета (взрослая)	2.4	↔	2.2	↑	14.6±1.6	0.3	↓	0	↑	0.3
Кета (молодь)	0.1	↔	0.1	↑	4.3	–		–		–
Нерка (взрослая)	0	↗	0.2	↑	3.8	0	↘	0	↑	0.3
Нерка (молодь)	0.1	↔	0.1	↑	2.6	–		–		–
Горбуша (взрослая)	0	↑	0.8	↑	4.8	0		–		0
Горбуша (молодь)	0	↔	0	↑	1.7	–		–		–
Чавыча (взрослая)	0.1	↗	0.4	↔	0.2	0.1	↘	0	↓	0
Чавыча (молодь)	0.1	↓	0	↑	0.2	–		–		–
Кижуч	0	↗	0	↑	0.1	–		–		–
Светлоперый стенобрах	1.5	↔	2.1	↔	1.6	42	↓	2.9	↗	12±13.1
Серебрянка	0.2	↗	0.4	↑	2.7	3.8	↔	2	↔	1.6
Северный одноперый терпуг (молодь)	0	↔	0	↑	0.7	–		–		–
Рыба-лягушка	0.1	↓	0	↗	0.1	0.4	↓	0	↑	0.2
Сайка	0	↓	0	↘	0	–		–		–
Трёхиглая колюшка	0	↗	0	↑	2.6	–		–		–
Молодь донных видов	0.4	↑	1.8	↘	0.4	0	↑	0.3	↓	0
Виды-южные мигранты	0	↓	0	↑	0	–		–		–
Северный кальмар	0	↑	1	↑	10±15.1	0.8	↗	1.7	↔	0.9
Камчатский гонатус	0	↑	0	↑	0.5	0	↔	0	↗	0.1

Примечание. Обозначения как в Приложении 7.

Биомасса основных потребителей и кормовых ресурсов в эпипелагиали анадырско-наваринского района Берингова моря

Параметр	Группа/вид	P/B	Траловые оценки						Скорректированные оценки (с учетом ЕЕ-коэффициента)							
			Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Средняя	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Средняя
Биомасса основных потребителей, тыс. т	Минтай взр		447.3	721.7	750.9	1618.9	951.0		897.9	447.3	721.7	750.9	1618.9	951.0		898.0
	Молодь минтая	2.5	0.0	18.7	11.7	120.4	356.4		101.4	0.1	260.6	121.9	239.8	1083.9		341.3
	Сельдь	0.7	1.0	29.3	116.7	358.1	33.7		107.8	1.0	29.3	116.7	358.1	33.7		107.8
	Мойва	1	7.1	9.9	9.1	44.5	244.4		63.0	0.1	48.8	3.1	1209.0	857.6		423.7
	Кета		7.5	59.2	107.9	37.5	2.3		42.9	7.5	59.2	107.9	37.5	2.3		42.9
	Мезопелагические рыбы	1	0.0	0.0	6.2	1.8	1.3		1.9	0.0	0.0	85.8	243.4	1.9		66.2
Биомасса основных групп кормовых ресурсов, тыс. т	Суммарно		7282.1	9011.2	9353.7	12630.0	11830.7		10021.5	8333.6	10270.2	10878.1	16205.4	15079.4		12153.3
	Euphausiacea	3.1	332.1	1415.0	2188.3	3007.4	4192.2		2227.0	332.1	1415.0	2188.3	3007.4	4192.2		2227.0
	Copepoda	9.5	5112.4	4345.7	3980.8	5468.6	3935.8		4568.7	5112.4	4345.7	3980.8	5468.6	3935.8		4568.7
	Amphipoda	2	632.9	2055.3	1254.2	1213.1	654.4		1162.0	632.9	2055.3	1254.2	1213.1	654.4		1162.0
	Pteropoda	3	40.0	38.5	37.2	65.1	91.7		54.5	40.0	38.5	37.2	65.1	91.7		54.5
	Chaetognatha	6	2117.6	1954.3	2326.0	3734.7	3683.2		2763.2	2117.6	1954.3	2326.0	3734.7	3683.2		2763.2
	Cephalopoda	3.2	1.0	1.5	7.6	5.9	0.2		3.2	0.1	23.1	11.2	16.7	30.2		81.2
	Микронектон:		9.5	30.9	184.7	602.9	681.2		301.8	2.1	312.8	546.1	2310.9	2088.2		1052.0
	Молодь минтая	2.5	0.0	18.7	11.7	120.4	356.4		101.4	0.1	260.6	121.9	239.8	1083.9		341.3
	Мойва	1	7.1	9.9	9.1	44.5	244.4		63.0	0.1	48.8	3.1	1209.0	857.6		423.7
	Сайка	0.5	0.0	0.0	38.8	72.1	38.2		29.8	0.0	0.0	60.2	111.8	59.2		46.2
	Песчанка	1	0.4	0.2	1.3	3.6	3.7		1.9	0.0	1.3	157.5	146.4	48.4		70.7
	Сельдь	0.7	1.0	0.0	116.7	358.1	33.7		101.9	1.0	0.0	116.7	358.1	33.7		101.9
	Мезопелагические рыбы	1	0.0	0.0	6.2	1.8	1.3		1.9	0.0	0.0	85.8	243.4	1.9		66.2
Молодь донных рыб	3.1	1.0	2.1	0.9	2.3	3.6		2.0	1.0	2.1	0.9	2.3	3.6		2.0	
Желетелый зоопланктон	5	95.4	147.3	537.9	399.7	433.7		322.8	95.4	147.3	537.9	399.7	433.7		322.8	

Продукция и потребление кормовых ресурсов в эпипелагиали анадырско-наваринского районе Берингова моря

Параметр	Группа/вид	Траловые оценки						Скорректированные оценки (с учетом ЕЕ-коэффициента)							
		Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Сумма	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Сумма
Продукция основных групп кормовых ресурсов, тыс. т	<i>Суммарно</i>	4844.1	4849.0	5042.2	6895.8	6153.4		27784.4	4843.2	4904.1	5163.7	7275.1	6362.3		28548.3
	Euphausiacea	137.3	584.8	904.5	1243.1	1732.8		4602.5	137.3	584.8	904.5	1243.1	1732.8		4602.5
	Seropoda	4047.3	3440.3	3151.5	4329.3	3115.9		18084.3	4047.3	3440.3	3151.5	4329.3	3115.9		18084.3
	Amphipoda	79.1	256.9	156.8	151.6	81.8		726.2	79.1	256.9	156.8	151.6	81.8		726.2
	Pteropoda	10.0	9.6	9.3	16.3	22.9		68.1	10.0	9.6	9.3	16.3	22.9		68.1
	Chaetognatha	529.4	488.6	581.5	933.7	920.8		3454.0	529.4	488.6	581.5	933.7	920.8		3454.0
	Cephalopoda	0.3	0.4	2.0	1.6	0.0		4.3	0.0	6.2	3.0	4.4	8.0		21.7
	Микронектон:	0.9	7.0	12.5	53.7	98.5		172.6	0.1	62.1	134.0	433.0	307.4		936.5
	Молодь минтая	0.0	3.9	2.4	25.1	74.2		105.7	0.0	54.3	25.4	50.0	225.8		355.5
	Мойва	0.6	0.8	0.8	3.7	20.4		26.2	0.0	4.1	0.3	100.8	71.5		176.5
	Сайка	0.0	0.0	1.6	3.0	1.6		6.2	0.0	0.0	2.5	4.7	2.5		9.6
	Песчанка	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3		0.8	0.0	0.1	13.1	12.2	4.0		29.5
	Сельдь	0.1	1.7	6.8	20.9	0.9		30.4	0.1	1.7	6.8	20.9	0.9		30.4
	Мезопелагические рыбы	0.0	0.0	0.5	0.2	0.1		0.8	0.0	0.0	85.8	243.4	1.9		331.2
	Молодь донных рыб	0.3	0.5	0.2	0.6	0.9		2.5	0.0	1.9	0.0	1.1	0.8		3.8
Желетельный зоопланктон	39.7	61.4	224.1	166.5	180.7		672.5	39.7	61.4	224.1	166.5	180.7		672.5	
Потребление основных групп кормовых ресурсов, тыс. т	<i>Суммарно</i>	238.6	819.5	784.4	1888.4	1756.5		5487.3	231.6	1294.4	1003.0	3392.6	3691.7		9613.3
	Euphausiacea	101.1	333.6	229.6	499.3	582.3		1745.9	96.6	624.4	366.2	1402.2	1366.8		3856.1
	Seropoda	127.7	255.0	350.1	376.4	350.3		1459.5	126.2	376.2	401.8	809.8	866.5		2580.5
	Amphipoda	1.7	69.2	13.4	325.9	120.4		530.6	1.0	73.4	14.3	388.9	211.9		689.5
	Pteropoda	5.6	19.7	2.2	2.0	34.3		63.8	5.6	19.7	2.2	2.2	105.9		135.7
	Chaetognatha	0.1	1.6	0.2	24.1	26.3		52.2	0.0	1.7	0.2	36.8	61.7		100.5
	Cephalopoda	0.0	3.0	0.9	4.2	7.6		15.8	0.0	5.9	2.8	4.2	7.6		20.6
	Микронектон:	0.1	48.7	112.6	366.9	250.7		779.0	0.0	52.4	112.6	386.6	284.5		836.2
	Молодь минтая	0.0	43.4	20.3	40.0	180.6		284.4	0.0	46.6	20.3	41.4	205.2		313.6
	Мойва	0.0	3.7	0.2	90.7	64.3		158.9	0.0	3.9	0.2	94.0	73.1		171.2
	Сайка	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0		9.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0		9.4
	Песчанка	0.0	0.1	10.5	9.8	3.2		23.6	0.0	0.1	10.5	10.1	3.7		24.4
	Сельдь	0.0	0.0	0.0	8.5	0.0		8.5	0.0	0.0	0.0	8.8	0.0		8.8
	Мезопелагические рыбы	0.0	0.0	81.6	207.9	1.8		291.3	0.0	0.0	81.6	221.8	1.8		305.2
	Молодь донных рыб	0.1	1.5	0.0	1.1	0.7		3.4	0.0	1.8	0.0	1.1	0.7		3.6
Желетельный зоопланктон	2.2	31.3	29.5	110.9	189.9		363.9	0.0	1.8	0.0	1.1	0.7		3.6	

Соотношение потребления основных видов кормовых ресурсов к их месячной продукции

Параметр	Группа/вид	Траловые оценки						Скорректированные оценки (с учетом ЕЕ-коэффициента)					
		Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Среднее	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Потребление основных групп кормовых ресурсов, тыс. т	<i>Суммарно</i>	0.05	0.17	0.16	0.27	0.29	0.20	0.05	0.26	0.19	0.47	0.58	0.34
	Euphausiacea	0.74	0.57	0.25	0.40	0.34	0.38	0.70	1.07	0.40	1.13	0.79	0.84
	Copepoda	0.03	0.07	0.11	0.09	0.11	0.08	0.03	0.11	0.13	0.19	0.28	0.14
	Amphipoda	0.02	0.27	0.09	2.15	1.47	0.73	0.01	0.29	0.09	2.56	2.59	0.95
	Pteropoda	0.56	2.05	0.24	0.12	1.49	0.94	0.56	2.05	0.24	0.14	4.62	1.99
	Chaetognatha	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07	0.03
	Cephalopoda	0.07	7.68	0.45	2.68	190.89	3.67	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	Микронектон:	0.06	6.96	9.03	6.83	2.55	4.51	0.46	0.84	0.84	0.89	0.93	0.89
	Молодь минтая	45.49	11.14	8.35	1.59	2.43	2.69	1.66	0.86	0.80	0.83	0.91	0.88
	Мойва	0.00	4.43	0.31	24.47	3.16	6.05	1.87	0.96	0.90	0.93	1.02	0.97
	Сайка	0.00	0.00	0.00	3.01	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	2.01	0.00	0.97
	Песчанка	0.00	4.40	94.42	32.71	10.46	30.58	0.00	0.86	0.80	0.83	0.91	0.83
	Сельдь	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.29
	Мезопелагические рыбы	0.00	8.48	158.50	1350.74	17.23	375.29	0.00	0.75	0.95	0.91	0.95	0.92
	Молодь донных рыб	0.22	2.78	0.05	1.85	0.78	1.33	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Желетелый зоопланктон	0.05	0.51	0.13	0.67	1.05	0.54	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	