

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РЫБНОГО  
ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»  
(ФГБНУ «ВНИРО»)

*На правах рукописи*



Шейбак Артем Юрьевич

**СТРУКТУРА РЕПРОДУКТИВНОГО АРЕАЛА  
И ДИНАМИКА ЗАПАСА МИНТАЯ (*GADUS CHALCOGRAMMUS*)  
СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ**

**1.5.13. Ихтиология**

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
Овсянников Евгений Евгеньевич,  
кандидат биологических наук

Москва – 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	4
<b>ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....</b>	11
1.1 Краткая физико-географическая характеристика района исследований .....	11
1.2 Общие черты биологии минтая .....	19
<b>ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	30
<b>ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИНТАЯ В</b> <b>ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2001–2023 ГГ.....</b>	43
3.1 Пространственное распределение минтая по промысловым данным .....	43
3.2 Пространственное распределение минтая по результатам траловых съемок .....	51
<b>ГЛАВА 4. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПАСА И НЕКОТОРЫЕ</b> <b>ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ МИНТАЯ.....</b>	62
4.1 Динамика численности и биомассы минтая.....	62
4.2 Динамика размерно-возрастного состава минтая по результатам траловых съемок .....	68
4.3 Динамика размерно-возрастного состава минтая в промысловых уловах ...	81
4.4 Особенности полового созревания и динамика стадий зрелости гонад минтая в зимне-весенний период .....	93
4.5 Применение коэффициента акустической плотности в расчетах запаса минтая траловым методом .....	111
<b>ГЛАВА 5. ОСОБЕННОСТИ НЕРЕСТА МИНТАЯ В ПЕРИОД 2011–2023 ГГ.</b> .....	120
5.1 Среднемноголетние особенности распределения икры и самок минтая ....	120
5.2 Межгодовые особенности распределения икры минтая.....	129

5.3 Сравнительный анализ результатов обловов икры минтая сетями ИКС-80 и БСД .....	137
<b>ВЫВОДЫ .....</b>	<b>146</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>148</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>167</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Минтай (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814) обитает на обширной акватории Охотского моря и является основным объектом промысла для рыбаков Дальнего Востока (Шунтов и др., 1993; Фадеев, Веспестад, 2001; Зверькова, 2003; Варкентин, Сергеева, 2017; Варкентин и др., 2021; и др.). Последние два десятка лет его запасы в северной части моря находятся на стабильно высоком уровне, обеспечивая ежегодно вылов около 1 млн т (Овсянников и др., 2013; Антонов и др., 2022; Шейбак и др., 2022).

Промысел минтая в зимне-весенний период (промысловый сезон «А») является наиболее рентабельным, так как в уловах преобладают преднерестовые самки со зрелыми гонадами (Фадеев, 1981, 1987; Варкентин, 2015; Варкентин, Сергеева, 2002, 2017), продукция из которых имеет высокую коммерческую стоимость. В этот период добывающими организациями осваивается более 80% от общего допустимого улова минтая (Варкентин и др., 2021; Шейбак и др., 2022). Биостатистические данные, характеризующие численность и размерно-возрастную структуру облавливаемой части популяции североохотоморского минтая, собранные в ходе мониторинга промысла, не уступают по значимости данным учетных съемок и дают возможность сформировать представление о пространственном распределении минтая, динамике формирования промысловых скоплений и их плотности.

Особую роль минтай играет в экосистеме Охотского моря (Шунтов и др., 1993; Шунтов, 2016). Он является доминирующим видом в нектоне – его доля по биомассе в северной части моря при наблюдавшихся межгодовых и региональных колебаниях составляла от 77 до 90%.

Минтай относится к рыбам со значительной изменчивостью урожайности поколений, что определяет активную динамику его запасов и высокую межгодовую вариабельность численности и биомассы (Авдеев и др., 2001; Смирнов, Авдеев, 2003; Овсянников, 2011; Овсянников и др., 2013; Шейбак и др., 2022). Численность и биомасса минтая подвержены значительным флюктуациям,

связанным как с естественными факторами, так и с воздействием промысла. После того как в 1996 г. в Охотском море был достигнут максимальный вылов (более 2 млн т) за всю историю промысла, в 2004 г. уловы снизились до 380 тыс. т (Фадеев, Веспестад, 2001; Зверькова, 2007; Кузнецов и др., 2008; Датский и др., 2021). Одной из причин столь существенного снижения запасов минтая была перестройка общециркуляционных процессов в атмосфере над Северной Пацифией, повлиявшая на гидрологическую ситуацию в Охотском море (Шунтов, 1998, 2001; Глебова, Хен, 2002; Хен и др., 2002, 2004, 2022; Шатилина и др., 2002; Авдеев и др., 2008). Динамика численности минтая в целом непредсказуема, а реальный прогноз вылова с 2–3-летней заблаговременностью возможен лишь при наличии тотальных оценок численности и биомассы пополнения и производителей (Шунтов, 2016).

Репродуктивный ареал североохотоморского минтая занимает значительную акваторию, различающуюся своими гидрологическими характеристиками в разных частях Охотского моря (Зверькова, Пушников, 1980; Фадеев, 1981, 1984, 1987; Зверькова, 1987; Шунтов и др., 1993; Фигуркин, 2003; Овсянников, 2011). Основные нерестилища расположены в водах западной Камчатки, в зал. Шелихова и Североохотоморском районе. Однако ядро нереста расположено в северо-восточной части моря, где в весенний период наблюдаются плотные скопления производителей и выметанной икры (Шунтов и др., 1993). Тем временем в силу суровых гидрологических условий северо-западная часть моря менее пригодна для нереста (Фигуркин, 2003; Фигуркин и др., 2008). Количество выметанной икры на основных нерестилищах указывает на общее состояние нерестового запаса минтая в северной части Охотского моря, в связи с чем ежегодно с 1983 г. «ТИНРО» проводит крупномасштабные ихтиопланктонные съемки, цель которых – оценка численности икры и производителей минтая (Овсянников, 1999; Авдеев и др., 2005, 2008; Овсянников, Пономарев, 2014). Также, начиная с 1998 г., ежегодно проводятся тралово-акустические исследования запаса минтая, что даёт возможность интегрировать

размерно-возрастную структуру уловов в ихтиопланктонный метод (Фадеев, 1999).

Одной из основных долгосрочных целей подпрограммы «Наука и инновации» государственной программы Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса», утвержденной постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 314 (в редакции постановления Правительства РФ от 31 марта 2020 г. № 394), является проведение рыбохозяйственных исследований, направленных на изучение, сохранение, воспроизводство и дальнейшее рациональное использование водных биологических ресурсов, их мониторинг, а также исследования их среды обитания, для достижения которой поставлена задача – создать научные основы повышения эффективности использования водных биологических ресурсов.

Несмотря на значительное количество проведенных исследований, касающихся биологии северохоктомуорского минтая, актуальные данные, собранные в 2001–2023 гг., позволяют рассмотреть и выявить особенности его пространственно-временного распределения и динамики запаса в период формирования преднерестовых и нерестовых скоплений.

***Степень разработанности темы.*** Изучению биологии и динамики запаса, анализу промысла северохоктомуорского минтая посвящено множество работ отечественных авторов, результаты которых сведены в монографиях (Шунтов и др., 1993; Шунтов, 2001, 2016; Зверькова, 2003; Буслов, 2005; Кузнецов и др., 2008; и др.). Современные исследования, касающиеся воспроизводства и эмбриогенеза минтая в дальневосточных морях, позволили определить и уточнить существенные особенности его репродуктивной биологии (Буслов, 2009а; Буслов, Сергеева, 2009, 2013; Сергеева и др., 2011; Варкентин, 2015; Пономарев, 2017; Буслов, Смирнов, 2021; и др.). Общие закономерности пространственного распределения пелагической икры, ее дрейфа под воздействием гидрологических условий в период нереста минтая в северной части Охотского моря представлены в работах Н.С. Фадеева (1987), О.Г. Золотова (1991), Л.М. Зверьковой (2003), А.Л. Фигуркина (2003), Е.Е. Овсянникова (2011). В то же время методическим

аспектам расчета запаса минтая по данным прямых учетных съемок посвящено незначительное количество работ (Волвенко, 1998, 1999, 2013; Мельников, 2006; Смирнов и др., 2006). Также в литературных источниках имеются ограниченные сведения о современном состоянии и динамике запаса северохотоморского минтая (Варкентин и др., 2021), при этом отсутствует анализ его пространственной структуры и особенностей нереста в зимне-весенний период в северной части Охотского моря.

**Цель и задачи работы:** Цель настоящей работы – оценка эксплуатации запаса минтая северной части Охотского моря на основе анализа его биологического состояния, выявления особенностей пространственного распределения и динамики размерно-возрастного состава.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. выяснить особенности пространственного распределения минтая в северной части Охотского моря в зимне-весенний период;
2. оценить современное состояние запаса северохотоморского минтая на основе динамики его численности и биомассы;
3. охарактеризовать размерно-возрастной состав северохотоморского минтая и его динамику в межгодовом аспекте;
4. актуализовать имеющиеся сведения о половом созревании и динамике созревания гонад северохотоморского минтая;
5. выявить особенности нереста и пространственного распределения икры и самок северохотоморского минтая.

**Научная новизна.** На основе анализа современных данных, собранных во время мониторинга промысла минтая и комплексных экспедиций в 2001–2023 гг., существенно дополнены представления о пространственном распределении, нересте, межгодовой динамике размерно-возрастной структуры, определен современный уровень запаса минтая в северной части Охотского моря. Впервые проведен сравнительный анализ уловов икры минтая ихтиопланктонной конусной сети и большой сети Джеди, а для оценки запаса северохотоморского минтая площадным методом применен коэффициент акустической плотности.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты исследований будут использованы при оценке запаса и формировании материалов, обосновывающих общий допустимый улов (ОДУ). Проведенный анализ уловов икры минтая разными типами сетей и применения коэффициента акустической плотности дает возможность корректировать результаты оценок запаса, полученные ихтиопланктонным и площадным методами.

**Методология и методы исследования.** Ихтиологические и ихтиопланктонные пробы отбирались и обрабатывались по стандартным методикам. Определение возраста минтая проводили по методу поперечного спила и обжига отолитов. Полученные данные анализировали с помощью стандартных математических методов. Статистический анализ проводился с помощью пакета программ «Statistica».

**Положения, выносимые на защиту:**

1. высокий уровень современного состояния и полимодальная размерно-возрастная структура общего запаса минтая, позволяющие вести его промысел пелагическими тралями без негативного воздействия на репродуктивную часть запаса;

2. равнозначность нерестилищ северо-восточной и северо-западной частей Охотского моря для воспроизводства минтая при его высокой численности.

**Степень достоверности.** Диссертация выполнена с применением общепризнанных и апробированных методов ихтиологических исследований. Достоверность и обоснованность выводов и выносимых на защиту научных положений определены значительным объемом первичного материала за 2001–2023 гг. и его статистической обработкой.

**Личный вклад автора.** В 2006–2020, 2022, 2023 гг. автор принимал участие в организации и проведении научно-исследовательских рейсов, сборе, обработке ихтиологических и ихтиопланктонных проб, а также проводил последующий анализ первичных данных по биологии минтая, их статистическую обработку и интерпретацию полученных результатов. Осуществлял подготовку шлифов отолитов и определение возраста минтая.

**Апробация.** Материалы диссертации докладывались на:

- Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летнему юбилею ФГУП «КамчатНИРО» «Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление» (г. Петропавловск-Камчатский, КамчатНИРО, 2012 г.);
- VI Конференции молодых ученых «Океанологические исследования» (г. Владивосток, ТОИ ДВО РАН, 2013 г.);
- Второй научной школе молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения И.Б. Бирмана «Комплексные исследования водных биологических ресурсов и среды их обитания» (г. Москва, ВНИРО, 2015 г.);
- VII Научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса» (г. Москва, ВНИРО, 2019 г.);
- I Международной научно-практической конференции «Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития» (г. Москва, ВНИРО, 2023 г.);
- XXIV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» (г. Москва, РУДН, 2023 г.);
- IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Современные проблемы экологии и природопользования» (г. Пенза, ПГАУ, 2023 г.);
- коллоквиумах лаборатории минтая и сельди и Ученых советах Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») (г. Владивосток, 2011–2020 гг.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 13 работ, 6 из них в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 182 страницах, состоит из введения, 5 глав, выводов и приложений, иллюстрирована

50 рисунками и 23 таблицами. Библиографический список включает 188 наименований, из которых 19 на иностранном языке и 4 ссылки на электронные Интернет-ресурсы.

**Благодарности.** Автор глубоко признателен своему научному руководителю к.б.н. Евгению Евгеньевичу Овсянникову за советы и ценные указания в написании работы. За предварительное ознакомление с текстом рукописи, научные консультации и ценные замечания по ее структуре и изложению автор выражает благодарность д.б.н. Николаю Парамоновичу Антонову, д.б.н. Елене Николаевне Кузнецовой, к.б.н. Ольге Александровне Мазниковой, д.б.н. Андрею Анатольевичу Смирнову и д.б.н. Олегу Альбертовичу Иванову. Отдельно хочу выразить признательность д.б.н. Константину Михайловичу Горбатенко за неоценимую помощь в сборе и обработке ихтиопланктонных проб и сотрудникам лаборатории промысловой гидроакустики, технологий лова и технических средств аквакультуры «ТИНРО» Владимиру Ильичу Поляничко и Евгению Владимировичу Сыроваткину за обработку гидроакустических данных. Автор искренне признателен всем сотрудникам «ТИНРО», принимавшим участие в весенних комплексных экспедициях в 2011–2023 гг. и научном мониторинге промысла минтая в Охотском море в 2001–2021 гг.

## ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

### 1.1 Краткая физико-географическая характеристика района исследований

В настоящее время накоплен весьма обширный материал по географическим и океанологическим особенностям Охотского моря, который обобщен в большом количестве работ отечественных и иностранных авторов (Морошкин, 1964, 1966; Леонов, 1960; Добровольский, Залогин, 1965; Зырянов, 1977; Чернявский, 1981; Лучин, 1982, 1987; Суховей, 1986; Хен, 1991; Чернявский и др., 1993; Хен и др., 2008; Watanabe, 1963; Mizuta at al., 2003; Oshima at al., 2006; и др.). Поэтому в настоящем разделе приводится лишь краткая характеристика района исследований.

Охотское море является материковым окраинным водоемом с наличием в южной части участка с океаническими глубинами. Форма моря достаточно вытянута с юго-запада на северо-восток в пределах сферической трапеции с координатами  $43^{\circ}43' - 62^{\circ}42'$  с.ш. и  $135^{\circ}10' - 164^{\circ}45'$  в.д., что способствует наличию различных гидрологических и метеорологических характеристик (рисунок 1.1). Площадь зеркала морской поверхности составляет 1603 тыс. км<sup>2</sup>, а суммарный объем вод – 1316 тыс. куб. км<sup>3</sup> (Добровольский, Залогин, 1965).

Соединение Охотского моря с Тихим океаном происходит посредством многочисленных проливов между островами Курильской гряды, а с Японским морем – через два мелководных пролива – Лаперуза и Татарский. При этом среднее значение глубины составляет 821 м, при максимальном значении – 3521 м. (Добровольский, Залогин, 1965; <https://nationalatlas.ru/tom2/289-293.html>).

*Рельеф дна* имеет следующие основные характерные черты. В южной части моря находится наиболее глубоководная котловина, а в северной части – материковая и островная отмель (рисунок 1.1). Помимо этого, имеются материковый склон и глубоководные впадины. Шельф Охотского моря в северной части имеет ширину 180–250 км, над которым лежит 22% поверхности моря. В то же время наибольшая часть (около 70%) моря расположена над материковым склоном (Марков и др., 1967).

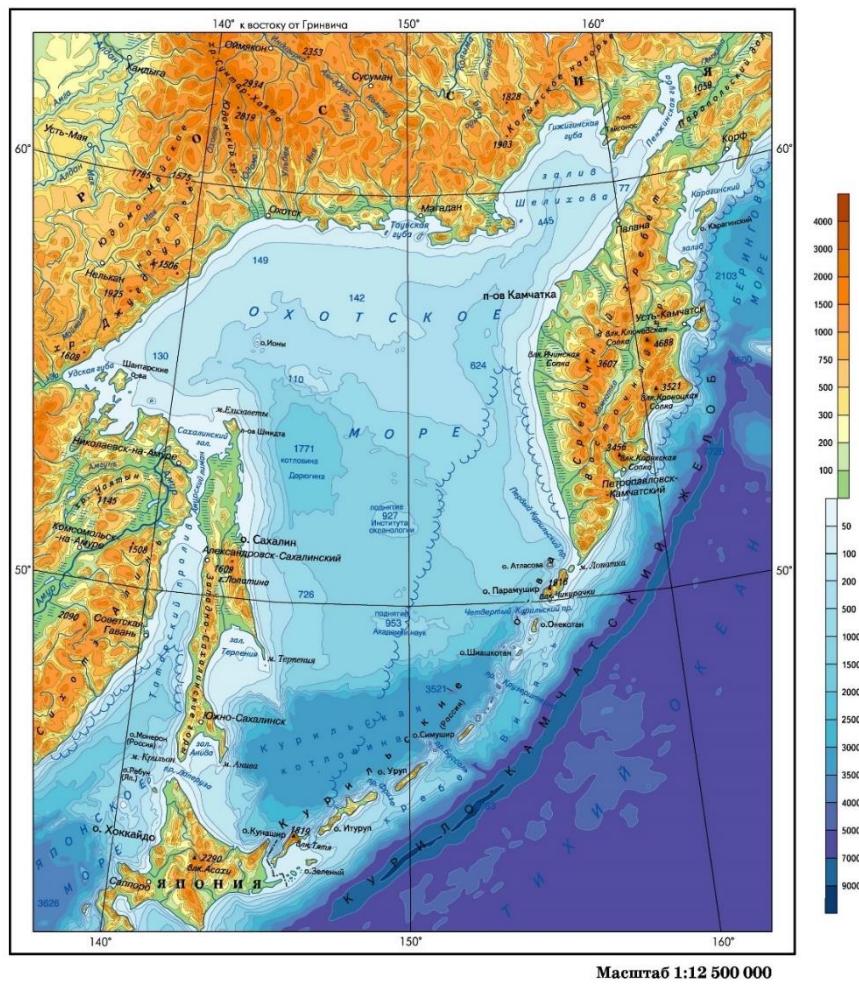


Рисунок 1.1 – Карта Охотского моря и прилегающей части Тихого океана  
[\(https://nationalatlas.ru/tom2/289-293.html\)](https://nationalatlas.ru/tom2/289-293.html)

Подводные возвышенности, такие как Академия Наук и Института Океанологии, являются крупными элементами дна центральной части моря, которые разделяют ложе моря на три котловины – впадину ТИНРО, впадину Дерюгина и Курильскую впадину. В свою очередь впадины соединены между собой желобами: Макарова, П. Шмидта и Лебедя, последний из которых отходит к северо-востоку от впадины ТИНРО в залив Шелихова (Белоусов, Удинцев, 1981). Впадина Дерюгина расположена к востоку от подводного цоколя Сахалина, дно которой представляет плоскую, приподнятую по краям равнину, лежащая в среднем на глубине 1700 м, максимальная глубина впадины — 1744 м. Курильская котловина, максимальная глубина которой составляет 3374 м, имеет дно в виде плоской абиссальной равнины, а острова Курильской гряды, протянувшейся с юго-запада на северо-восток, примерно на 1200 км, являются естественной

преградой, отгораживающей котловину моря от Тихого океана. Глубины проливов Буссол и Крузенштерна, находящихся между островами Курильской гряды, достигают 2318 и 1920 м, что дает им статус наиболее глубоководных. Наименьшая глубина, из представленных котловин, присуща впадине ТИНРО, расположенной к западу от п-ва Камчатки. Дно ее представляет собой равнину, лежащую на глубине около 850 м, при максимальной глубине 990 м.

Особенности распределения донных осадков позволяют выделить три основные зоны – центральную, состоящую в основном из диатомового алеврита и частично глинистыми илами, зону распределения гемипелагических и пелагических глин в западной, восточной и северной частях моря, и зону распространения песчаников, гравия и алевритов, расположенную на северо-востоке (Родников и др., 1996) (рисунок 1.2).

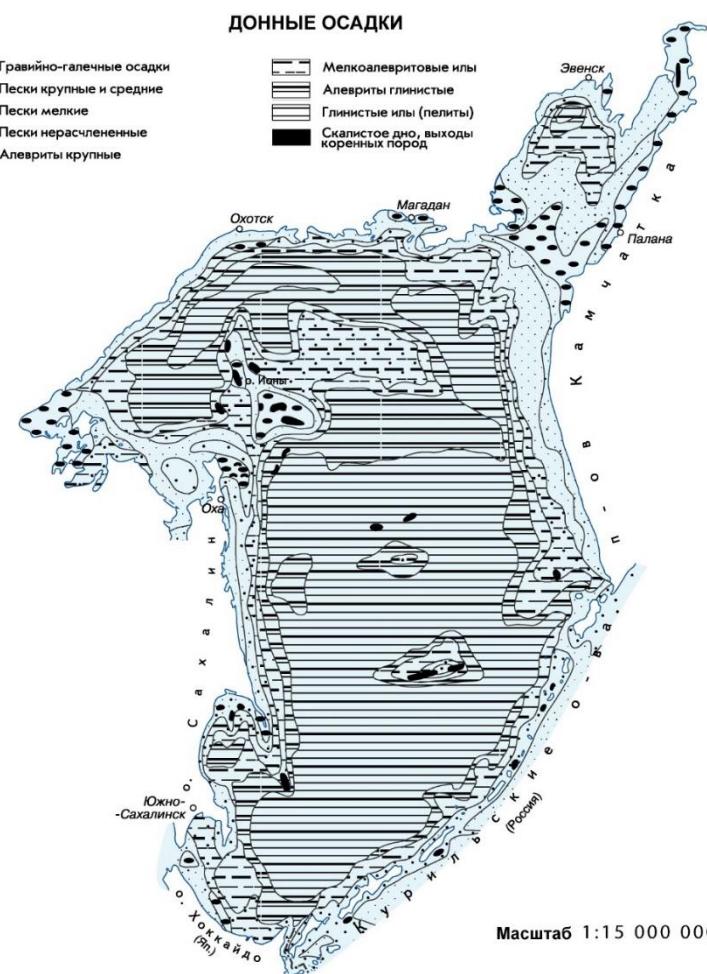


Рисунок 1.2 – Карта распределения донных осадков в Охотском море  
(<https://nationalatlas.ru/tom2/289-293.html>)

*Циркуляция вод и течения.* Тихий океан является основным источником поступления вод в Охотское море. Водообмен происходит через курильские проливы, глубина которых позволяет круглогодично пропускать значительные объемы океанических вод (Гладышев, Хен, 2004). Главной особенностью внутренней циркуляционной системы Охотского моря является крупномасштабный циклонический круговорот общего движения вод, состоящий из макро-, мезо- и микрокруговоротов (рисунок 1.3) (Леонов, 1960; Чернявский, 1981).

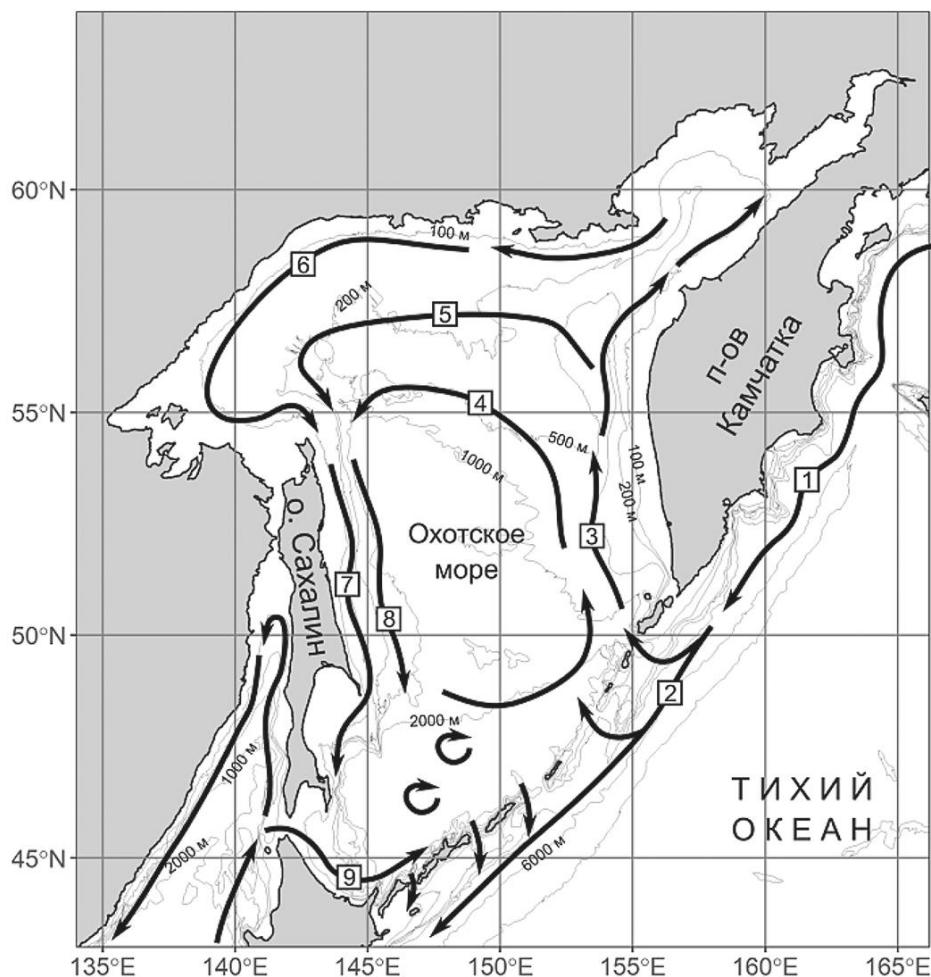


Рисунок 1.3 – Схема основных течений Охотского моря и прилегающей части Тихого океана (Чернявский, 1981) Течения: 1–Восточно-Камчатское; 2–Курильское; 3–Западно-Камчатское; 4–Срединное; 5–Северо-Охотское (склоновая ветвь); 6–Северо-Охотское (прибрежная ветвь); 7–Восточно-Сахалинское (прибрежная ветвь); 8–Восточно-Сахалинское (склоновая ветвь); 9–Соя.

Основными потоками, влияющими на общее поверхностное движение вод в Охотском море, являются: Западно-Камчатское и Срединное течения, образующиеся за счет затока тихоокеанских вод через северные Курильские проливы. Дальнейшее продвижение Западно-Камчатского течения происходит над континентальным склоном относительно западнокамчатского побережья.

Достигнув впадины ТИНРО течение делится на Северную ветвь (Чернявский и др., 1993), втекающую в залив Шелихова и ветвь, формирующую Северо-Охотское течение.

Тем временем Срединное течение отклоняется от линии Курильских островов и следует вдоль изобаты 500 метров в северо-западном направлении. В районе банки Кашеварова происходит трансформация вод, переносимых Северо-Охотоморским и Срединным течениями, в надсклоновую ветвь Восточно-Сахалинского течения, несущую холодные охотоморские воды в южном направлении. В юго-западной глубоководной части моря действует течение Соя. Помимо основных упомянутых течений существует множество локальных вихревых структур. В районе глубоководной Курильской котловины образуется антициклоническая циркуляция, структура которой сформирована из отдельных антициклонических круговоротов. Замыкает общую циклоническую циркуляцию водных масс Охотского моря Северо-Восточное течение, сформированное из потока Восточно-Сахалинского течения и антициклонической циркуляции над Курильской котловиной (Кровнин и др., 2022).

Уровень скорости переноса вод течениями, расположенными в западной и восточной частях моря различается. В зимне-весенний период скорость потока Западно-Камчатского течения в среднем составляет 10–15 м/с и по мере продвижения потока в северном направлении скорость существенно снижается и в стержне Северо-Охотского течения составляет 5–6 м/с. В летне-осенний период скорость потока вдоль западной Камчатки снижается до 5 м/с. Течения западной части моря имеют более высокие скорости. Так скорость Восточно-Сахалинского течения от зимы к лету снижается с 50 до 25 м/с, а течение Соя наоборот

увеличивается с 10–15 до 25–35 м/с (Бондаренко, Рудых, 2003; Vasiliev, Khrapchenkov, 1996).

Как установлено В.А. Лучиным (1987) общая схема течений и основные ее крупные элементы на протяжении года не подвержены существенным изменениям. Однако по данным И.А. Жигалова и В.А. Лучина (2010) локальные составляющие циркуляционной системы в различные сезоны года имеет отличительные черты. Этими же авторами в северной части моря выделено два типа прибрежных течений, отличных друг от друга западным либо восточным направлением, которые образуются в зависимости от термического режима года. Межсезонным изменениям схемы циркуляции подвержены воды зал. Шелихова. Так в зимне-весенний период в заливе присутствует антициклический круговорот, а в летне-осенний наблюдается циклоническое движение водных масс, что непосредственно влияет на образование у берегов Западной Камчатки Компенсационного течения (Фигуркин, 1997; Жигалов, Лучин, 2010).

*Термохалинnyй режим* Охотского моря тесно связан со структурой вод. Ряд исследователей в водной толще Охотского моря выделяют от 4 до 5 водных масс, отличающихся друг от друга различными гидрологическими характеристиками (Морошкин, 1966; Лучин, Лаврентьев, 1998; Плотников, Юрасов, 1998). Однако основной массе вод Охотского моря свойственна субарктическая структура, главной особенностью которой является наличие холодного промежуточного слоя (ХПС), относящиеся к самостоятельным водным массам.

В.А. Лучин и А.А. Круц (2016) в Охотском море выделили и охарактеризовали термохалинные характеристики пяти водных масс: поверхностную, охотоморскую холодную (ХПС), промежуточную, глубинную тихоокеанскую (ТПС) и придонную. По данным этих же авторов поверхностная водная масса, ядро которой лежит на поверхности моря, образуется за счет прогрева поверхности моря, различных стоков береговых вод и ветрового перемешивания. Температура данной водной массы варьирует от –1,5 до 18,0°C, а солёность составляет 22,0–33,4‰. Глубже расположена охотоморская водная масса или холодный промежуточный слой, образующийся в результате осенне-

зимнего охлаждения поверхности моря и вертикального перемешивания вод. Ядро ХПС находится между 50–135 м, а температура с соленостью варьируют от –1,5 до 2,5°C и от 33,1 до 33,4‰.

Формирование промежуточной водной массы происходит за счет смешивания холодной шельфовой воды и промежуточных вод Тихого океана (Martin et al., 1998). В результате чего залегание ядра промежуточной водной массы наблюдается в диапазоне 250–325 м. Несмотря на присутствие в структуре промежуточной водной массы значительных объемов холодных шельфовых вод значения температуры ядра имеют положительный знак и колеблются от 0,4 до 1,8°C, а значения солености варьируют узких пределах – 33,4–33,6‰.

Глубинная водная масса или теплый промежуточный слой изначально сформирован из тихоокеанских вод и по мере продвижения в северном направлении происходит его частичная трансформация. Как правило, ядро глубинной водной массы залегает в слое 925–1025 м (Круц, Лучин, 2013). Это способствует сохранению высокого значения температуры воды в слое, достигающей 2,4°C. При этом и солёность остается на достаточно высоком уровне – 33,2–33,4‰.

Придонная водная масса, находящаяся в пределах южнокурильской котловины, имеет температуру ниже (порядка 1,9°C), чем вышележащие слои. В то же время имеет наибольшую соленость – 34,55–34,70‰.

Особое внимание уделяется исследованиям верхнего квазиоднородного слоя (ВКС), являющегося одной из важных океанических переменных и местом обитания на ранних стадиях развития многих водных организмов (Шунтов, 1986; Зверькова, 2007; Лучин, 2018). Наименьшее вертикальное развитие ВКС Охотского моря имеет в летний период и не распространяется глубже 10 м. Однако уже в октябре-ноябре нижняя граница опускается до 40 м. В зимне-весенний период ВКС заглубляется до горизонта 40–80 м. И как отмечает этот же автор, в районе Курильских островов, за счет влияния теплых океанических вод, выделяются области с максимальным развитием ВКС – до 100–120 м (Лучин, 2018). Динамика температуры и солености в ВКС Охотского моря также зависит

от времени года. Наименьшая температура в слое наблюдается в зимне-весенний период, наибольшая – в летне-осенний. В то же время изменение солености указывает на пространственное распространение трансформированных тихоокеанских вод, за счет их переноса Западно-камчатским течением в северном направлении (Лучин, 2018). Этот же автор указывает на низкие значения солености в ВКС на периферийных участках моря, что связано с распреснением поверхностного слоя за счет стока рек.

*Ледовитость.* Процесс льдообразования в Охотском море начинается с его северо-западной части (акватория у Шантарских островов), где ледяной покров появляется уже к концу осени (ноябрь) за счет раннего выхолаживания местных распресненных вод. В этом же районе в летний период может наблюдаться остатки ледяного покрова. Постепенное выхолаживание поверхности моря в зимний период, за счет вторжения холодных материковых воздушных масс, приводит к тому, что в январе-феврале лед занимает всю северную и среднюю часть моря (Пищальник и др., 2017, 2020). Однако уже с апреля начинается постепенное его разрушение, продолжающееся вплоть до июня.

Лед Охотского моря является исключительно местного происхождения и может встречаться во всех его районах. Основной формой являются плавучие льды, в то же время в прибрежной акватории наблюдается неподвижная форма, так называемый припай.

По ледовым условиям северная и южная части моря заметно отличаются. Как правило, южная часть моря не замерзает круглый год. Однако за счет действия ветров в эту часть моря с севера выносятся поля битого льда, которые часто скапливаются с охотоморской стороны южных Курильских островов. Исключением стала ледовая ситуация в 2001 г., когда по естественным причинам льдом была покрыта практически вся поверхность моря (Хен и др., 2002; Фигуркин и др., 2008).

По результатам исследований В.М. Пищальника с соавторами (2017) площадь ледяного покрова в Охотском море не всегда служит репрезентативным показателем суровистости зимы в отдельных его районах.

Район южной оконечности западной Камчатки и охотоморской стороны Курильских островов относится к малоледовитым. Длительность существования ледяного покрова составляет не более трех месяцев, а его толщина не превышает 1 м (Добровольский, Залогин, 1965).

Как показывают последние исследования межгодовой динамики средних показателей толщины и объема ледяного покрова в отдельных районах и в целом по морю с начала 21-го столетия и по конец 2010-х гг. происходит снижение величины данных параметров (Пищальник и др., 2020). Также за предыдущее столетие уровень ледовитости снизился примерно на 17% (Пищальник и др., 2016).

## 1.2 Общие черты биологии минтая

*Ареал и популяционный состав минтая.* Минтай впервые описан в начале XIX века (Pallas, 1814). Однако общая картина распространения вида представлена в работах 30–40 гг. прошлого столетия (Световидов, 1948; Андрияшев, 1954). Во второй половине XX–го столетия представления об ареале дополнены иностранными авторами (Abe, 1967; Hart, 1973; Wolotira et al., 1977; Bakkala et al., 1986). В данных работах границы ареала вписываются в пределы Тихоокеанской бореальной биогеографической области, в которую полностью входят Берингово, Охотское и Японское моря. Abe (1967) отмечал, что поимки минтая в незначительном количестве отмечены вплоть до Токийского залива. Однако систематически в уловах японских рыбаков минтай отмечен до широты центральной части о. Хонсю. Западная часть ареала простирается вдоль азиатского материка и по данным Gong, Zhang (1986) особи спускаются на юг вдоль побережья до 35°с.ш. При этом у п-ва Корея численность вида выше, нежели у берегов Японии на этой же широте. По данным Bakkala et al. (1986) северная граница обитания располагалась в южной части Чукотского моря на 68° с.ш. Однако ресурсные исследования, проведенные «ВНИРО» в 2019–2020 гг., определили распределение минтая в северном направлении до 75° с.ш. (Буслов,

Овсянников, 2022; Датский и др., 2022). В южном направлении с американского материка вид распространяется до  $43^{\circ}30'$  с.ш. – южной части штата Орегон. К югу от  $43^{\circ}30'$  с.ш. встречается редко.

Изучению популяционного состава минтая посвящено значительное количество работ как отечественных, так и зарубежных авторов. И первые попытки дифференциации его стад выполнены в послевоенные годы (Кагановская, 1949, 1951, 1954, 1962; Ishida, 1975). Однако, как считает В.П. Шунтов с соавторами (1993), взгляды различных авторов зачастую противоречивы между собой, и не дают общего понимания популяционной организации минтая в каждом море, а сложность изучения данного вопроса связывает с недостаточностью исследований экологии и генетики минтая, и в некоторых случаях – с ошибочностью методик изучения.

Во второй половине прошлого столетия воды у западной Камчатки являлись единственным районом добычи минтая в период его нереста. Постепенное расширение акватории промысла в северо-западном направлении (Североохотоморский район и Восточный Сахалин) способствовало развитию изучения его популяционной организации.

Н.С. Фадеев (1975) по результатам исследований пространственного распределения и нереста впервые выделил в Охотском море два стада минтая: северо-восточное и северо-западное. В.А. Вышегородцев (1981) установил, что особи, обитающие в притауйском районе, отличаются от особей в водах западной Камчатки и сахалино-шантарского района множеством морфологических признаков, размерно-возрастным составом и рядом биологических признаков. Тот же автор (1987) предлагал разделять популяционные группировки минтая в Охотском море на основе пространственно-временной дифференциации нерестовых особей и по расположению нерестилищ в репродуктивный сезон.

С середины прошлого века начали развиваться исследования по выявлению показателей биохимического полиморфизма, что позволило идентифицировать популяции минтая, не применяя морфометрические и биологические признаки (Омельченко, 1975; Iwata, 1975; Johnson, 1977; Grant, Utter, 1980). Белковые

признаки, пригодные для дальнейших генетических исследований и связанные с определением популяционного статуса группировок минтая, выявлены в конце 1970-х гг. в лаборатории генетики ТИНРО (Флусова, Моисеев, 1981).

Накопленные во второй половине XX века биохимический и генетический материалы позволяли изложить популяционную структуру минтая в Дальневосточном бассейне, какой она представлялась на тот период. В отечественной литературе авторами принято объединять несколько популяционных группировок в одно промысловое стадо.

Исследования Г.Д. Флусовой и Л.В. Богданова (1986) показали, что популяции минтая в Охотском море образуют два стада. Ареал северо-западного стада, включает нерестилища северо-западной части моря, которые образованы четырьмя популяциями: северо-западная, североохотоморская, северосахалинская и центральносахалинская, а юго-восточное, включает пять популяций, нерестующих вдоль Курильских островов и у западного, до 55° с.ш., побережья Камчатки: центральнокамчатскую, юго-западнокамчатскую, юго-восточнокамчатскую, северокурильскую. В Беринговом море этими же авторами генотипически идентифицированы шесть популяций, входящих, по всей видимости, в систему единого стада: карагинско-олюторская, наваринская, западно- и североберинговоморская, олюторско-наваринская и бристольская.

По мнению Л.М. Зверьковой (2003) у минтая существует внутрипопуляционное разнообразие экологических групп, размножение которых происходит в разные сезоны, и в период нерестовых миграций, возможно, происходит их смешивание.

Современный уровень развития генетических исследований позволил провести анализ популяционной структуры минтая Охотского моря с помощью нового класса популяционного маркера – микросателлитной ДНК (Савенков и др., 2014, 2018). Была проведена довольно обширная статистическая обработка полученных данных в различных пакетах программ, но анализ дифференциации всей совокупности выборок не позволил определить какую-либо структурную организацию исследованных особей, не подтвердилось также генетическое

сходство выборок, приуроченных к определенным районам нереста. В работе было показано, что наиболее вероятное число различающихся генетических группировок равно двум – западная и восточная части акватории Охотского моря. Однако С.Ю. Орловой с соавторами (2022) в ходе анализа изменчивости выборок минтая по митохондриальным и микросателлитным маркёрам не выявлено статистически достоверных отличий, что указывает на отсутствие популяционных группировок минтая в Охотском море. Эти же авторы считают, что в Дальневосточном бассейне обитают две суперпопуляции минтая: охотоморско-японская и беринговоморская.

*Плодовитость.* Изучение раннего онтогенеза рыб, как правило, начинается с изучения плодовитости, являющейся популяционным параметром. Динамика численности популяции играет немаловажную роль в формировании популяционной плодовитости и в то же время, полученные знания о формировании и развитии ооцитов, дают возможность прогнозировать динамику запаса минтая (Шунтов и др., 1993).

Исследования по формированию плодовитости охотоморского и беринговоморского минтая достаточно хорошо представлены в работах отечественных исследователей (Кагановская, 1950; Горбунова, 1954; Зверькова, 1969, 1971, 1977; Серобаба, 1971; Борец 1978; Сергеева, 1981; Балыкин, 1986; Сучкова, 1987; Фронек, 2001; Варкентин, 2011; Пономарев, Шейбак, 2013). Однако первые исследования плодовитости минтая основаны на недостаточном объеме материала, с точки зрения их статистической достоверности. Также немаловажным фактором достоверности данных является методика сбора данных. Известно, что формирование количества икры в гонадах самок зависит от множества факторов и варьируется в очень широких пределах (Варкентин, 2011). Однако ранние исследования были проведены без единого понимания о сроках сбора проб, что приводило исследователей к получению неоднозначных результатов.

Как считает М.Г. Сучкова (1987) изучение плодовитости должно сопровождаться корректным подсчетом для каждой размерной группы минтая,

что достигается сбором равного количества гонад самок для каждой размерной группы.

Рядом исследователей установлена географическая изменчивость абсолютной плодовитости. Так количество икринок в гонадах одноразмерных особей, обитающих в восточнокамчатских и западноберинговоморских водах и относящихся к различным популяциям, уменьшается в меридиональном направлении – с юга на север (Антонов, 1987; Шунтов и др., 1993).

Последние исследования основаны на материале, собранном на нерестилищах в северной части Охотского моря на протяжении длительного периода (Варкентин, 2011; Пономарев, Шейбак, 2013), что позволило авторам дать более объективную оценку межгодовой и пространственной динамики плодовитости минтая. Авторами данных исследований выявлено, что в независимости от степени урожайности различных поколений, основной вклад в популяционную плодовитость вносят особи возрастом от 5 до 8 лет. В целом средняя индивидуальная плодовитость разновозрастных самок в 2000-х и 2010-х гг. варьировала от 90,3 (5 лет) до 1102,6 (14 лет) тыс. икринок.

*Нерест и распределение икры.* Первые ихтиопланктонные исследования в дальневосточных морях проведены в конце 1940-х – начале 1950-х гг., целью которых являлось определение запасов потенциально промысловых видов рыб (Веденский, 1949; Кагановская, 1950; Расс, 1953, 1959; Горбунова, 1954; Полутов, Трипольская, 1954). При их выполнении было достаточно хорошо проведено описание постадийного и временного развития икры минтая, которое легло в основу методик исследований его запасов. Продолжительные по времени наблюдения за репродуктивной структурой минтая указывают на то, что половое созревание минтая наступает впервые в возрасте 3 лет, а массово особи созревают к 6–7 годам (Кагановская, 1950; Горбунова, 1954; Зверькова, 1977; Фадеев, Раклисова, 2003; Фадеев, 2008; Варкентин, 2011, 2015).

Исследования биологии минтая, проведенные в 1980-х гг. в Охотском море, дополнили ранее полученные сведения о расположении его нерестилищ и

пространственно-временном развитии нереста (Фадеев 1981, 1987; Фадеев, Смирнов, 1987; Вышегородцев, 1987; Золотов, 1991).

Проведенный Е.Е. Овсянниковым (2011) анализ результатов ихтиопланктонных съемок за 1983–2009 гг. позволил выявить особенности нереста, распределения икры на различных стадиях развития, а также ее дрейф в пределах нерестилищ, расположенных в северо-восточной и северо-западной частях Охотского моря. В работе А.Л. Фигуркина (2003) по среднемноголетним данным выявлена зависимость сроков и направлений нерестовых миграций минтая от сезонного хода температур и солености в верхнем слое промежуточных охотоморских вод. Этим же автором выявлено благоприятное влияние гидрологического режима «теплых» лет на нерест минтая в Охотском море.

Независимо от гидрометеоусловий в зимне-весенний период разных лет в северной части Охотского моря действуют четыре нерестилища, расположенные в северо-восточной и северо-западной частях моря (у западной Камчатки, в зал. Шелихова, в Притауйском районе и на североохотоморском шельфе) (Фадеев, 1987). Однако нерестилища, расположенные к северу от  $55^{\circ}$  с.ш. в отдельные годы могут иметь различное пространственное положение. Примером этому служит расположение основных концентраций икры минтая в горловине зал. Шелихова и в Североохотоморском районе – над возвышенностью Лебедя (глубины более 200 м) (Овсянников, 2011). Нерестилище, расположенное на шельфе Притауйского района, в межгодовом сравнении более устойчиво в пространстве, что объясняется влиянием северной ветви Западно-Камчатского течения (Фигуркин, 2003). Нерестилище у западной Камчатки отмечается в пределах  $52^{\circ}$ – $56^{\circ}$  с.ш. В «теплые» годы в период действия Западно-Камчатского течения у восточного склона желоба Лебедя и отсутствия Компенсационного течения, которое влияет на смещение очага нереста на 60–100 миль в южном направлении, западнокамчатское нерестилище простирается до  $58^{\circ}$  с.ш. (Овсянников, 2011, Фигуркин, 2003). Однако по данным Овсянникова Е.Е. (2011) более 80% выметанной икры минтая в западнокамчатских водах располагается южнее  $56^{\circ}$  с.ш.

Нерест минтая относится к «порционному» типу – икра из гонады выметывается не за один раз, а мелкими порциями на протяжении нескольких суток (Привалихин, 1998; Лисовенко, 2000). По мнению Н.С. Фадеева (1987) продолжительность нереста зависит от порционного созревания икринок в гонадах и, в общем, охватывает два-три сезона.

Длительность нереста варьирует в отдельных районах обитания. Установлено, что наиболее ранние сроки икрометания характерны для южной части Корейского залива и у о-вов Прибылова в Беринговом море, в первом случае он начинается в октябре, во втором – первые нерестовые особи встречаются даже в августе, что связано в большей степени с гидрологическими факторами (Gong, Zhang, 1986; Зверькова, 2003). Считается, что в южной части ареала – со стороны азиатского побережья, продолжительность достигает 8 месяцев. В северной части Охотского моря нерест длится более полугода, начинаясь в конце декабря и заканчиваясь в начале летнего сезона. В Беринговом море, несмотря на более северное расположение относительно Охотского, нерест так же протекает в весенне-летний период (Зверькова, 2003).

Последующие исследования, посвященные эмбриональному развитию охотоморского минтая, основаны на данных, собранных при выполнении крупномасштабных ихтиопланктонных съемок в зимне-весенний период. Впервые такие работы проведены в начале 1980-х гг. и охватили все известные на тот момент нерестилища, что позволило уточнить сроки нереста, особенности пространственного распределения икры и личинок минтая (Борец, Смирнов, 1986).

Немаловажным вопросом в исследовании биологии минтая является продолжительность его эмбрионального развития. На основе экспериментальных работ определены основные этапы этого процесса. Согласно исследованиям Нишиямы с соавторами (Nishiyama at al., 1986) икра минтая после вымета и оплодотворения постепенно всплывает в верхние слои (10–20 м), где проходит развитие эмбриона до IV стадии. По мере развития эмбриона изменяется плавучесть икры, в результате чего наблюдается опускание икринок в более

низкие слои, где и происходит выклев предличинки (Nakatani, Maeda, 1984, 1993). Сами личинки после выклева обитают в придонном горизонте.

Первые отечественные исследования продолжительности развития выполнены на икре минтая залива Петра Великого (Горбунова, 1951, 1954). Определено, что для полного развития требуется до 93 градусо-дней. Однако более поздние исследования по данному вопросу определили зависимость эмбриогенеза от гидрологического режима вод, в частности от колебаний значений температуры и солености в выростном слое (Качина, Сергеева, 1978; Качина, Балыкин, 1981). Выяснилось, что продолжительность развития икры разнится в южных и северных частях ареала. А именно, для южных популяций длительность развития составляет порядка 2–3 недель, у западной Камчатки икра развивается 35–40 суток, а в Беринговом море – 55–60 суток.

Современные исследования длительности эмбриогенеза, проведенные на примере инкубации икры восточнокамчатского минтая, показали, что количество времени необходимое для развития эмбриона в диапазоне температур от –1,2 до 13,0°C колеблется от 54 до 10 суток (Буслов, Сергеева, 2013).

*Динамика запасов минтая.* Начальным этапом отечественных исследований состояния популяции североохотоморского минтая и ее динамики стали ихтиопланкtonные съемки, выполненные у берегов западной Камчатки (Расс, Желтенкова, 1948; Расс, 1953, 1956).

Последующие этапы изучения были связаны с выявлением причин, влияющих на формирование урожайности поколений. Так в работе Т.Ф. Качиной и Н.П. Сергеевой (1981) приведен анализ динамики численности 6-ти годовалого минтая, относящегося к 17-ти поколениям, явившимися в 1970-х гг. основой нерестового запаса. Одной из причин колебания численности считалась ее связь с цикличностью климато-океанологических условий. Отмечены благоприятные условия воспроизведения и выживания минтая в период холодных лет, когда гидрологический режим Охотского моря способствует переносу икры и личинок в южном направлении – в воды богатые планктоном.

В то же время И.В. Давыдов (1984), считал, что в теплые годы происходит усиление затока океанических вод в Охотское море, в результате чего икра минтая от западной Камчатки переносится в северные, более продуктивные, районы моря. Однако данная зависимость не нашла своего подтверждения в будущих исследованиях.

Проведенный О.Г. Золотовым (1991) анализ возможных причин выживаемости и гибели минтая на ранних стадиях онтогенеза в водах у западной Камчатки выявили незначительный дрейф развивающейся икры от мест нереста, составлявший не более 20–30 км. Полученный вывод указывает на отсутствие значительных негативных последствий при переносе икры в северном направлении, тем более воды севернее  $56^{\circ}$  с.ш. считаются более продуктивными в сравнении с водами южной периферии Охотского моря.

Одним немаловажным фактором, влияющим на формирование численности поколений, является выедание потомства минтая хищниками (Шунтов и др., 1993). По их мнению, возможная ежегодная смертность минтая от прессы хищников в 1970–1980-е гг. оценивалася в 2,6 млн т, при ежегодном промысловом изъятии в 1,8 млн т.

Помимо перечисленных факторов на межгодовую динамику запаса влияет сам уровень численности. Считается, что при высоком уровне срабатывает фактор плотности и экологической емкости среды (Шунтов и др., 1993). Как показали результаты работ конца 1970-х гг. в период низкой численности появились высокоурожайные поколения, которые по данным Н.С. Фадеева и А.В. Смирнова (1994) привели к увеличению уровня запаса к 1987 г. до пикового значения. По результатам исследований, проведенных отраслевой наукой, к середине 1980-х уровень нерестового запаса достиг более 8 млн т и до начала 1990-х прослеживалась его снижение до 6 млн т. К началу 2000-х гг. биомасса североохотоморского минтая сократился в 4 раза, достигнув минимального уровня в 1,7 млн т за весь период исследований в XX в. (Шунтов, 1998; Балыкин и др., 2001; Авдеев и др., 2001; Фадеев, 2001; Смирнов, Авдеев, 2003; Зверькова, 2003).

Резкое сокращение запаса минтая в Охотском море в последние десятилетия прошлого века привело к меньшему улову на усилие, что также отразилось на общем вылове, снизившегося с 2 млн т – в середине 1990-х до 360 тыс. т – в начале 2000-х гг. (Фадеев, Веспестад, 2001).

Несмотря на то, что во второй половине 1990-х гг. в северной части моря появилось два урожайных поколения 1995 и 1997 г.р., общий запас продолжал уменьшаться. Однако к середине 2000-х гг. в промысловый запас вступили среднечисленные поколения 2000 и 2002 г.р., что стабилизировало его на уровне – 4,5 млн т.

По мнению разных авторов, приведенная динамика ресурса минтая в 1990-х начала 2000-х гг., отчасти связана с изменениями общециркуляционных процессов в атмосфере и уменьшением водообмена между Тихим океаном и Охотским морем, повлиявших на выживаемость молоди, уровень которой был ниже уровня 1980-х гг. (Фигуркин, 1997, 2006; Шунтов, 2001; Глебова, Хен, 2002; Смирнов, Авдеев, 2003).

Дальнейшими исследованиями Г.В. Авдеева с соавторами (2008) отмечено начало процесса потепления вод в северной части Охотского моря в 2003–2004 гг. за счет усиления затока тихоокеанских вод, что способствовало появлению высокоурожайных поколений 2004 и 2005 г.р. в североохотоморском районе и зал. Шелихова.

Последние исследования по динамике запасов минтая затронули продолжительный период – с 2000 по 2020 г. (Овсянников, 2009; Овсянников и др., 2013; Овсянников, Пономарев, 2014; Варкентин и др., 2021; Шейбак и др., 2022). В 2010 г. зарегистрирован очередной максимум нерестового запаса – 10,8 млн т, превышавший уровень 2000 г. в 6,3 раза. За счет появления многочисленных поколений на протяжении 2000-х гг. размерно-возрастная структура запаса имела полимодальную структуру – прослеживалось до 4-х модальных групп. Однако к началу второго десятилетия XXI века размерно-возрастная структура вновь упростилась, основу которой составляли особи 2004–2005 г.р.

В среднем за 2000-е гг. в Камчатско-Курильской подзоне было сосредоточено 20%, в Западно-Камчатской – 42,1% и в Северо-Охотоморской – 38% биомассы нерестового запаса. По результатам комплексных съемок, проведенных в начале 2010-х гг., отмечено снижение запасов минтая, связанное с низкой урожайностью поколений 2007–2010 гг. Однако результаты дальнейших ресурсных исследований подтвердили высокую урожайность поколений 2011 и 2013 гг. рождения, особи которых, в совокупности со среднеурожайными поколениями конца 2010-х гг., в настоящее время образуют основу промыслового запаса минтая северной части Охотского моря (Варкентин и др., 2021; Шейбак и др., 2022).

Таким образом, рассмотренные физико-географические характеристики формируют условия обитания минтая в северной части Охотского моря. Теплые океанические водные массы, проникающие в море через северные курильские проливы, и характер их дальнейшего распространения по акватории с учетом рельефа дна, определяют направление нерестовых и нагульных миграций минтая в зимне-весенний период. Вихревые образования циклонального и антициклонального характера, образующиеся вдоль западнокамчатского побережья, в зал. Шелихова, притауйском районе и на североохотоморском шельфе, способствуют формированию плотных концентраций выметанной икры минтая и удержанию ее в районах с более благоприятными условиями для развития. Термохалинnyй режим и ледовитость, сформированные в зимне-весенний период, влияют на развитие вегетационного сезона, в начальный период которого появляются ранние стадии зоопланкtonных организмов, являющиеся пищей личинок и ранней молоди минтая. Наличие или отсутствие которых в достаточном количестве влияет на выживаемость минтая на ранних стадиях онтогенеза. Приведенные примеры взаимосвязи между некоторыми физико-географическими характеристиками района и биологией североохотоморского минтая характеризуют условия формирования и динамики его запаса.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положены материалы, собранные во время научного мониторинга промысла минтая с января по апрель (промысловый сезон «А») 2001–2021 гг. и при выполнении Тихоокеанским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») комплексных съемок на НИС «Профессор Кагановский» в апреле-мае 2011–2018, 2020–2023 гг. и НИС «ТИНРО» в апреле-мае 2019 г. в Охотском море (рисунок 2.1, таблица 1).

Уловы минтая на промысловых судах получены в результате выполнения обловов его скоплений разноглубинными тралями. Во время выполнения учетных съемок траления осуществлялись одним типом разноглубинного трала – РТ/РТ 80/396, вооруженным по четырехкабельной системе и оснащенным мелкоячейной вставкой из дели с шагом ячей 10 мм на последних 10 метрах тралевого мешка. Длина кабелей трала составляла 120 метров. Верхняя подбора – щиток, выполненная из брезента шириной 60 см и длиной 8 м, была оснащена по краю кошельковыми наплавами (20 шт.). Нижняя подбора трала оснащалась якорной цепью длиной 10 м и массой 150 кг. Применялись груза-углубители в виде набора из якорной цепи массой по 60 кг. В качестве распорных средств использовали прямоугольные щелевые доски «Polar Jupiter», каждая из которых имела площадь 6 м<sup>2</sup>. На всем протяжении выполнения научно-исследовательских работ контроль за ходом трала осуществлялся с помощью датчиков прибора контроля орудия лова Simrad FS 70, позволяющий производить фактические измерения вертикального и горизонтального раскрытия устья трала, которые в дальнейшем были использованы для расчета численности и биомассы гидробионтов.

Стандартная продолжительность траления составляла 0,5–1 час. Поскольку приоритетным объектом исследований являлся минтай, выбор горизонта хода трала, который над глубинами менее 200 м варьировал от 3 до 157 м, в среднем составляя 79 м, над глубинами более 200 м – от 49 до 296 м, в среднем – 174 м, осуществлялся по вертикальному распределению характерных для минтая эхозаписей (при их наличии), регистрируемых эхолотом Simrad EK 60. При

регистрации эхозаписи высокой плотности, чтобы избежать чрезмерных уловов, а также в сложных навигационных условиях, время траплений сокращали до 15–20 минут.

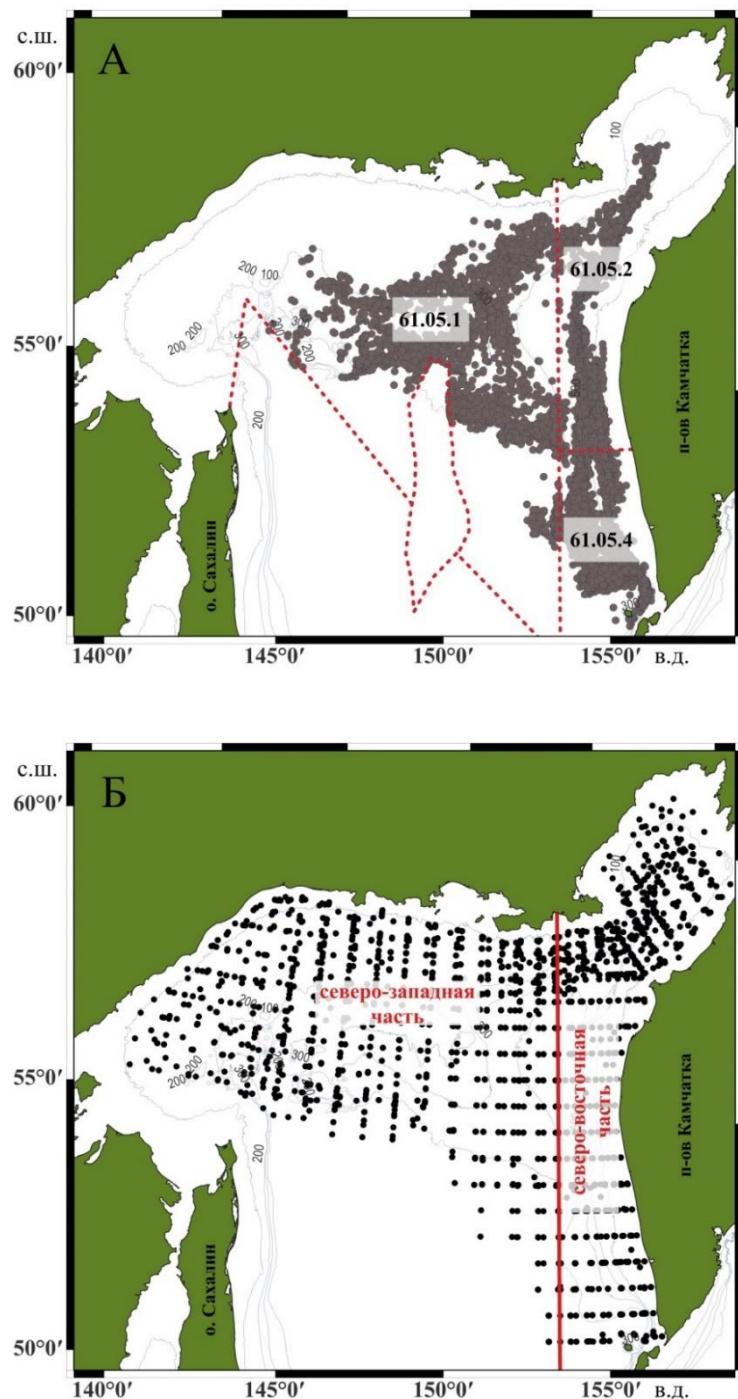


Рисунок 2.1 – Карта-схема района работ и сбора материалов: А – траплении научного мониторинга промысла минтая в 2001–2021 гг. (61.05.1 – Северо-Охотоморская подзона, 61.05.2 – Западно-Камчатская подзона, 61.05.4 – Камчатско-Курильская подзона), Б – комплексные станции (трапление, ихтиопланктонная станция) в 2011–2023 гг.

Таблица 1 – Список научных и промысловых рейсов, объем собранных и использованных в работе материалов

Судно	Северо-западная часть моря						Северо-восточная часть моря									
	Северо-Охотоморская подзона						Западно-Камчатская подзона					Камчатско-Курильская подзона				
	год	количество				год	количество				год	количество				год
		трапелей	ихтиопланк тонных станций	промеров, экз.	полных биологических анализов, экз.		трапелей	ихтиопланк тонных станций	промеров, экз.	полных биологических анализов, экз.		трапелей	ихтиопланк тонных станций	промеров, экз.	полных биологических анализов, экз.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
БАТМ "АЛЕКСАНДР БЕЛЯКОВ"	2010	4	-	405	12	-	-	-	-	-	2010	2	-	204	6	
БАТМ "БАЙКОВСК"	2012, 2015	26	-	5304	164	2012, 2015	31	-	6313	195	2012	34	-	5955	184	
БАТМ "БАКЛАНОВО"	2012	19	-	1000	31	-	-	-	-	-	2012	24	-	1009	31	
БАТМ "БЕРЕЗИНА"	2001-2003	191	-	55373	1709	2001-2003	78	-	21559	665	2001-2003	189	-	56141	1732	
БАТМ "БОРИСОВ"	2016, 2018	22	-	5324	164	-	-	-	-	-	2018	57	-	12519	386	
БАТМ "БОРОДИНО"	2001-2003, 2018	250	-	918411	15758	2001-2003, 2018	147	-	1442729	30291	2001-2003, 2018	256	-	1314992	28149	
БАТМ "БУХТА ПРЕОБРАЖЕНИЯ"	2002, 2014, 2015, 2018	68	-	8490	265	2002, 2014, 2015, 2018	45	-	5996	185	-	-	-	-	-	
БАТМ "ИВАН КАЛИНИН"	2018	15	-	3569	110	2018	3	-	924	29	2018	60	-	13569	419	
БАТМ "КАПИТАН ФАЛЕЕВ"	2018	38	-	5435	168	2018	6	-	805	25	2018	33	-	5746	177	
БАТМ "МИНИСТР ИШКОВ"	2016	3	-	370	11	2016	11	-	1606	50	2016	49	-	7716	238	
БАТМ "МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА"	2014 2016-2018	156	-	18559	573	2014, 2017	36	-	3879	120	2014 2016-2018	206	-	21583	666	
БАТМ "НИКОЛАЙ ЧЕПИК"	2018	3	-	506	16	-	-	-	-	-	2018	54	-	7899	244	
БАТМ "НОВОУРАЛЬСК"	2017	23	-	2828	87	2016, 2017	25	-	3801	117	2016, 2017	51	-	6436	199	
БАТМ "ОСТРОВ ИТУРУП"	2018	21	-	4429	137	2018	25	-	5473	169	2018	1	-	155	5	
БАТМ "ПАВЕЛ БАТОВ"	2018	47	-	9834	303	2018	17	-	3615	112	2018	32	-	6044	186	
БАТМ "ПИЛЕНГА"	2018	23	-	4681	144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
БАТМ "ПИЛЕНГА 2"	2017	9	-	2014	62	2017	18	-	2378	73	-	-	-	-	-	

Продолжение таблицы 1

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
БАТМ "ПИОНЕР НИКОЛАЕВА"	2016	48	-	5525	170	2016	2	-	407	13	2015	57	-	9265	286
БАТМ "ПОРФИРИЙ ЧАНЧИБАДЗЕ"	2017	7	-	658	20	2017	3	-	307	9	2017	30	-	3797	117
БАТМ "ПУЛКОВСКИЙ МЕРИДИАН"	2002	12	-	1108	34	2002	4	-	162	5	2002	7	-	727	22
БМРТ "ВЛАДИМИР БРОДЮК"	2002	14	-	1234	38	2002	40	-	3270	101	2002	1	-	211	7
МРКТ "БОРИС ТРОФИМЕНКО"	2017-2021	56	-	9021	278	2017-2021	107	-	18332	566	2017-2021	73	-	11830	365
МРКТ "ВЛАДИМИР СТАРЖИНСКИЙ"	2017-2021	58	-	9625	297	2017-2021	52	-	11225	346	2017-2021	17	-	3662	113
МРКТ "КАПИТАН КАЙЗЕР"	2015, 2016	65	-	11599	358	2016	37	-	7827	242	2016	13	-	2672	82
НИС "ПРОФЕССОР КИЗЕВЕТТЕР"	2001-2008, 2010-2013	229	-	24408	5006	2001-2008, 2010-2013	514	-	42307	7894	2001-2008, 2010-2012	294	-	29828	6833
НИС "ПРОФЕССОР ЛЕВАНИДОВ"	2001-2008, 2010-2014	369	-	38639	9518	2001-2008, 2010-2014	374	-	41986	8930	2001, 2002, 2004-2008, 2010-2012	237	-	30456	7452
НИС "ПРОФЕССОР КАГАНОВСКИЙ"	2011-2018, 2020-2023	813	1808	370699	15097	2011-2018, 2020-2023	601	1234	168128	11334	2011-2018, 2020-2023	641	592	83452	3926
НИС "ТИНРО"	2001-2008, 2019	182	162	49702	1496	2001-2008, 2019	332	140	50293	1046	2001, 2002, 2004-2008, 2019	190	55	35854	283
РКТС "КАПИТАН ДЕМИДЮК"	2015-2018	59	-	11453	353	2015-2018	44	-	6634	205	2016, 2018	21	-	4185	129
РКТС "КАПИТАН КОЛЕСНИКОВ"	2015-2018	85	-	14113	435	2015, 2017,	27	-	2604	80	2016-2018	58	-	11668	360
РТМ "КАЛТАН"	2009, 2010	25	-	386	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
РТМКС "ВАСИЛИЙ КАЛЕНОВ"	2016, 2017	56	-	9321	288	2016, 2017	18	-	2176	67	2016, 2017	43	-	6092	189
РТМС "АСТРОНОМ"	2010	29	-	5736	177	2010	4	-	827	26	2010	13	-	2476	76
РТМС "АЭРОНАВТ"	2010	22	-	2262	70	2010	4	-	444	14	2010	13	-	1446	45
РТМС "МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ"	2017	12	-	2240	69	2017	13	-	2250	69	2017	28	-	4650	143
РТМС "НОТЛАР"	2002	5	-	1007	31	2002	31	-	5586	171	-	-	-	-	-
РТМС "ПЕЛАГИАЛЬ"	2017	32	-	6428	198	2017	14	-	2693	83	-	-	-	-	-
СРТМ "МАРС"	2017	3	-	300	9	2017	1	-	150	5	2017	7	-	889	27
СТР "ДМИТРИЙ ШЕВЧЕНКО"	2008, 2009	8	-	501	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ТСМ "ОМЕГА"	2002	9	-	1379	43	2002	2	-	225	7	2002	13	-	1938	60
<b>ИТОГО</b>	<b>2001-2023</b>	<b>3116</b>	<b>1970</b>	<b>1623876</b>	<b>53726</b>	<b>2001-2023</b>	<b>2666</b>	<b>1374</b>	<b>1866911</b>	<b>63244</b>	<b>2001-2023</b>	<b>2804</b>	<b>647</b>	<b>1705066</b>	<b>53137</b>

Если однородная эхозапись имела значительное вертикальное развитие, трапление выполнялось в пределах слоя регистрации записи, в нескольких горизонтах по 10–15 минут в каждом, начиная с нижнего (Мельников, 2006). Скорость трапления составляла от 1,6 до 4,6 узлов, в среднем – 3,2 узла. Для обеспечения распора крыльев трала досками в выбранном слое облова, длина вытравленных ваеров составляла от 125,0 до 770,0 м, в среднем – 391,1 м. Вертикальное раскрытие устья трала менялось от 26,3 до 46 м, в среднем составляя 39,6 м. Величина горизонтального раскрытия варьировала от 27,3 до 65,3 м, в среднем составляя 52,7 м.

### *Ихтиологические исследования*

Во всех научных и промысловых рейсах выполнялись массовые промеры (МП) и полные биологические анализы (ПБА). Объем собранного материала представлен в таблице 1.

Для массового промера со вскрытием из улова отбиралось от 200 до 300 экз. рыб (при меньшем количестве отбирались все рыбы) с определением длины по Смитту (AC) (от вершины рыла до конца средних лучей хвостового плавника) с точностью до 1 см, пола и стадии зрелости гонад. Размерный состав каждой выборки пересчитывали на величину улова. Полные биологические анализы минтая выполнялись по стандартной методике: измерялись длины AC и AD – промысловая длина (от вершины рыла до конца чешуйного покрова) (с точностью до 0,1 см); масса целой рыбы, тела без внутренних органов, гонад и печени (с точностью до 1 г); определялись пол и стадия зрелости гонад.

Ежегодно в научных рейсах для биологического анализа выборка осуществлялась по групповому методу (ключ Морозова) – в каждом сантиметровом классе анализировалось по 10–15 экз., со взятием саккулярных отолитов (*sagittae*) для определения возраста. Возраст рыб определялся по поперечному слому отолита, проходящему через ядро и прокаленному на пламени спиртовки (Chilton, Bemish, 1982; Буслов, 2009б; Буслов, Овсянников, 2019). Общее количество особей, у которых определен возраст, в северо-восточной части моря составило 6555 экз., в северо-западной части – 6857 экз.

Для определения стадий зрелости гонад использовали шкалу, разработанную для морских промысловых рыб (Алексеев, Алексеева, 1996), и в дальнейшем адаптированную непосредственно для минтая (Сергеева и др., 2011; Пономарев, 2017). Согласно недавним гистологическим исследованиям у самок минтая стадия зрелости гонад III–IV отличается от стадии III только незначительным увеличением размеров икринок, однако визуально эти две стадии схожи, поэтому количественные данные по стадиям зрелости гонад III и III–IV были объединены (Пономарев, 2017). Также самки с гонадами на стадии IV–V отнесены к преднерестовым особям в силу отсутствия обособленной порции ооцитов, которая находилась бы в овариальной полости и была готова к вымету в скором времени. Соответственно для самцов определялись стадии гонад: II, III, IV, V, VI и VI–II; для самок – II, II–III, III, IV, IV–V, V, VI и VI–II. В группу преднерестовых отнесены особи с гонадами на стадиях III, IV, IV–V, в группу нерестовых – с гонадами на стадии V и в группу отнерестовавших – с гонадами на стадиях VI и VI–II. Рыбы с гонадами на стадии II–III являются половозрелыми, но впервые созревающими и не участвующими в нересте в рассматриваемом году (Сергеева и др., 2011).

Для определения длины и возраста, при которых происходит первое ( $L_{0\%}$  и  $T_{0\%}$ ) и массовое ( $L_{50\%}$  и  $T_{50\%}$ ) половое созревание, а также созревает 90% ( $L_{90\%}$  и  $T_{90\%}$ ), вычисляли доли зрелых самцов и самок в каждом сантиметровом интервале. Доли половозрелых рыб в среднемноголетнем аспекте вычисляли как среднеарифметические значения относительных величин по годам. Теоретические параметры созревания, в зависимости от длины и возраста рыб, находили, применяя аналитическое уравнение Ферхюльста (Лакин, 1990):

$$Y = \frac{N}{1+10^{(a+bx)}} + C \quad (1),$$

где  $Y$  — доля созревших рыб (%);

$N$  — верхний предел созревания (100%);

$x$  — размерный (см) или возрастной (лет) класс рыб;

$C$  — величина признака, с которой начато измерение (в нашем случае — 0);

а и в — параметры уравнения.

Для особей различной степени пополнения нерестового запаса в работе приняты следующие термины:

- дальнее пополнение нерестового запаса – особи возрастом 1–3 г.
- ближнее пополнение нерестового запаса – особи возрастом 4–5 г.
- нерестовый запас – особи возрастом 6 лет и старше.

#### Оценка численности и биомассы

Численность и биомасса минтая рассчитаны по данным учетных комплексных съемок методом площадей (Аксютина, 1968).

Площадь облова определялась для каждого траления как произведение горизонтального раскрытия трала на пройденный путь в километрах:

$$S_{\text{тр.}} = a * V * t * 1,852 \quad (1),$$

где  $S_{\text{тр.}}$  – площадь облова тралом, км<sup>2</sup>;

$a$  – горизонтальное раскрытие трала, км;

$V$  – скорость хода судна при выполнении траления, узлы;

$t$  – продолжительность траления, часы;

1,852 – количество километров в одной морской милю.

Независимо от продолжительности научного или промыслового траления величина фактического улова приводилась к 1 часу траления. Таким образом, плотность определялась как отношение улова на час траления (в единицах численности или массы) к площади часового облова. Также в расчёты вводились два поправочных коэффициента:  $K_o$  – коэффициент объемности, учитывающий вертикальную составляющую пространственного распределения минтая и представляющий собой отношение высоты обловленного скопления к вертикальному раскрытию трала (Мельников, 2006), и  $K_y$  – коэффициент уловистости, суть которого заключается в том, что лишь часть особей из зоны облова трала оказывается в улове (Атлас..., 2003). Коэффициент уловистости видоспецифичен и выражается в долях единицы. Так для ранней молоди (годовиков) минтая длиной < 17,1 см применялся  $K_y = 0,1$ , для особей > 17,0 см –

$K_y = 0,4$ .

Расчет площади, принадлежащей каждому траплению ( $S$ )—полигон Вороного, проводили с помощью свободной кроссплатформенной геоинформационной системы «QGIS 3.22» (<https://qgis.org/ru/site/forusers/download.html>) в системе координат WGS (World Geodetic System) 1984, EPSG:4326 (<https://epsg.io/4326>).

С учетом перечисленных особенностей вычислений, итоговые формулы расчетов обилия минтая методом площадей выглядят следующим образом:

$$N(M) = \frac{N_{\text{тр.}} (M_{\text{тр.}}) * K_0 * S}{S_{\text{тр.}} * K_y} \quad (2),$$

где  $N$  и  $M$  – численность и биомасса, приходящиеся на полигон Вороного;

$N_{\text{тр.}}$  и  $M_{\text{тр.}}$  – улов трапления в единицах численности (экз.) и массы (кг);

$S$  – площадь трапления (полигон Вороного),  $\text{км}^2$ ;

$S_{\text{тр.}}$  – площадь облова трапом,  $\text{км}^2$ ;

$K_0$  – коэффициент объемности трапления;

$K_y$  – коэффициент уловистости.

Для расчета запаса минтая на всем полигоне исследований значения численности и биомассы, приходящиеся на площадь каждого трапления, суммировались.

### Районирование

В настоящей работе анализ собранного материала проведен по двум районам Охотского моря: северо-восточная часть, включающая воды западной Камчатки и зал. Шелихова в границах Западно-Камчатской (61.05.2) и Камчатско-Курильской (61.05.4) подзон и северо-западная часть, включающая воды Североохотоморского района в границах Северо-Охотоморской подзоны (61.05.1) (рисунок 2.1). Граница между северо-восточной и северо-западной частями моря проходит по меридиану  $153^{\circ}30' \text{в.д.}$

### Оценка урожайности поколений минтая

Оценку урожайности поколений минтая, появившихся с 2011 по 2022 гг., проводили по пятибалльной шкале уровня численности в возрасте 1 г. и средней численности в возрасте 3–4 лет: 1 – низкоурожайное, 2 – неурожайное, 3 –

среднеурожайное, 4 – урожайное, 5 – сверхурожайное (Овсянников, 2009) (таблица 2).

Таблица 2 – Предельные значения численности (млрд экз.) по возрастам для оценки уровня урожайности поколений минтая в северной части Охотского моря

Уровень урожайности	Возраст, год	
	1	ср. 3-4
Низкоурожайное	<0,001	< 2,141
Неурожайное	0,001-0,766	2,141-4,380
Среднеурожайное	0,767-3,403	4,381-8,374
Урожайное	3,404-4,878	8,375-10,614
Сверхурожайное	>4,878	>10,615

Уровень урожайности поколений оценивали отдельно для северо-восточной, северо-западной частей, а также для всей северной части Охотского моря.

#### Расчет коэффициента акустической плотности

Для расчета численности и биомассы минтая площадным методом с применением коэффициента акустической плотности ( $K_{ap}$ ) использованы материалы по биологии минтая (массовые промеры и полный биологический анализ), собранные в период проведения комплексных съемок в северо-восточной части Охотского моря в 2017–2020 гг. (рисунок 2.2).

Сбор материалов по биологии минтая и их анализ проведены согласно биостатистическому районированию Охотского моря (Фадеев, 1987).

Коэффициент акустической плотности представляет собой отношение акустической плотности на участке траления к акустической плотности на участке пути между соседними траловыми станциями и выражается в долях от единицы:

$$K_{ap} = \frac{S_A(\text{тр.})}{S_A(\text{дис.})} \quad (4),$$

где  $S_A$  – коэффициент обратного поверхностного рассеяния ( $\text{м}^2/\text{миля}^2$ );

$S_{A \text{ (тр.)}}$  – среднее значение  $S_A$  на участке траления;  
 $S_{A \text{ (дис.)}}$  – среднее значение  $S_A$  на дистанции между соседними траловыми станциями.

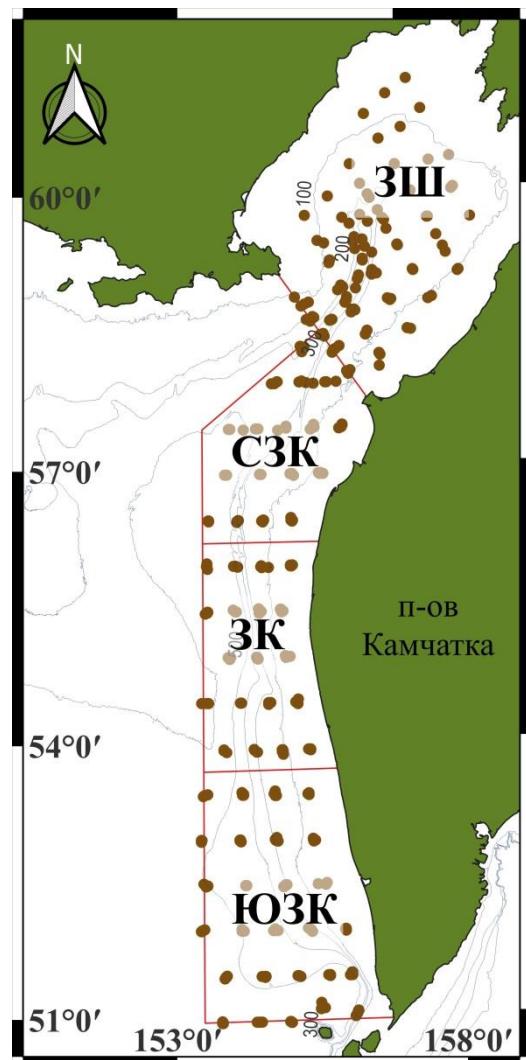


Рисунок 2.2 – Карта-схема траловых станций и сбора материалов в северо-восточной части Охотского моря в 2017–2020 гг. Указаны биостатистические районы: ЮЗК–Юго-западная Камчатка, ЗК–Западная Камчатка, СЗК–Северо-западная Камчатка и ЗШ–залив Шелихова (Фадеев, 1987)

При расчете запаса минтая данный коэффициент входит в числитель формулы (2), которая приобретает следующий вид:

$$N(M) = \frac{N_{\text{тр.}} (M_{\text{тр.}}) * K_0 * S * K_{\text{ан}}}{S_{\text{тр.}} * K_y} \quad (5)$$

### Ихтиопланктонные исследования

При выполнении ихтиопланктонной съемки в северной части Охотского моря выполнялись вертикальные обловы толщи воды ихтиопланктонной конусной сетью (ИКС-80) с площадью входного отверстия  $0,5\text{ м}^2$  и большой зоопланктонной сетью Джеди (БСД) с площадью входного отверстия  $0,1\text{ м}^2$ .

Скорость выборки обеих сетей находилась в диапазоне  $0,7\text{--}1,0\text{ м/сек}$ , горизонт облова –  $200\text{--}0\text{ м}$ , либо при меньших глубинах – от дна до поверхности. В зал. Шелихова эхозаписи нерестового минтая наблюдались в глубоководном желобе (глубже  $300\text{ м}$ ), соответственно обловы выполнялись в слое  $400\text{--}0\text{ м}$ , на меньших глубинах – от дна до поверхности. После облова фильтрующие конусы сетей промывали забортной водой до полного смыва проб в стаканы. В составах проб учитывалась только икра минтая, подсчет которой осуществлялся поштучно в морских условиях. Далее отобранная икра из улова ИКС-80 фиксировалась в 4% растворе формальдегида. После фиксации проводился постадийный разбор 200 икринок или всей пробы при меньшем количестве икры. Стадии развития икры определяли по четырехбалльной шкале Расса (Горбунова, 1954), адаптированной для минтая (Буслов, Сергеева, 2013). Далее через процентное соотношение стадий развития проводили пересчет общего количества икры в пробе. Площадь скоплений и численность икры рассчитаны с помощью сплайн-аппроксимации в ГИС «КартМастер 4.1» (Бизиков и др., 2007).

### Сравнение уловов икры минтая сетями ИКС-80 и БСД

Так как схемы ихтиопланктонной и гидробиологической съемок, выполненных в северной части Охотского моря с 2011 по 2023 гг., имели различия в количестве станций, сравнение уловов икры минтая сетями ИКС-80 и БСД проводили по совпадающим станциям с результативными уловами (рисунок 2.3). Для корректного сравнения количество икры в уловах приводили к стандартной площади –  $1\text{ м}^2$ . Для сравнения уловистости сетей использованы результаты обловов на 1978 совпадающих станциях.

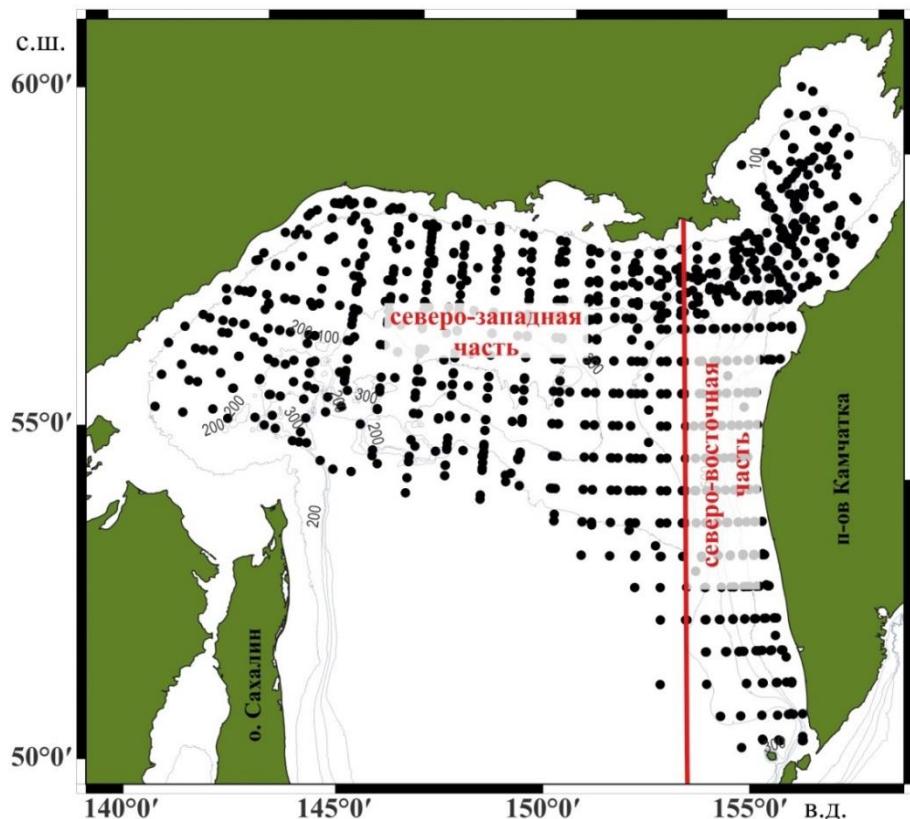


Рисунок 2.3 – Карта-схема совпадающих станций ИКС-80 и БСД в 2011–2023 гг., использованных для сравнения уловистости сетей

### Обработка данных

Для расчетов, анализов и построения графиков использованы программы Microsoft Office Access 2010, Microsoft Office Excel 2010. Статистическую обработку ихтиологических и гидробиологических данных проводили в программе Statistica 12.0 в соответствии с методиками, рекомендованными в литературе (Плохинский, 1970; Лакин, 1990). Проверку данных на нормальность распределения выполняли с помощью теста Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk test) при уровне значимости для всех критериев  $p = 0,05$  (Shapiro at al., 1968). Достоверность различий между рассчитанными критериями определялась с помощью критерия Стьюдента ( $t$ -тест).

Расчет средних значений плотности (шт./ $\text{км}^2$  и кг/ $\text{км}^2$ ) и построение карт пространственного распределения икры и минтая выполнены по трапециям 30' по долготе и 30' по широте с помощью ГИС «QGIS 3.22»

(<https://qgis.org/ru/site/forusers/download.html>) в системе координат WGS (World Geodetic System) 1984, EPSG:4326 (<https://epsg.io/4326>).

## ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИНТАЯ В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2001–2023 ГГ.

### 3.1 Пространственное распределение минтая по промысловым данным

В Правилах рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, предусмотрены ограничения промысла тралящими орудиями лова на глубинах менее 100, 200 и 300 м вдоль западной Камчатки – от широты м. Лопатка до 58° с.ш., связанные с запретом работы промыслового флота в местах массового нереста минтая (Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 06.05.2022 г. № 285). Данное ограничение, несомненно, сказалось на сборе и последующем анализе данных о пространственном распределении минтая в Охотском море в зимне-весенний период года. В зал. Шелихова, акватория которого входит в состав Западно-Камчатской подзоны, и в Северо-Охотоморской подзоне лимитирующим фактором в сборе данных является масштаб распространения ледового покрова и в особенности плотных льдов, ограничивающих выполнения промысловых операций.

Длительный период наблюдений, количество учтенных промысловых операций и собранного биологического материала во время промысла минтая позволяет охарактеризовать общее его пространственное распределение в зимне-весенний период, начиная с января и заканчивая началом апреля.

Обобщенные данные, собранные в зимне-весенний период в 2001–2021 гг., указывают на активный промысел уже в январе в двух западнокамчатских подзонах (Камчатско-Курильская и Западно-Камчатская) (рисунок 3.1, таблица 3). К концу января распределение промысловых скоплений минтая простипалось вдоль сваловой части западнокамчатского шельфа за пределами изобаты 400 м, достигая входа в зал. Шелихова и южной части желоба Лебедя.

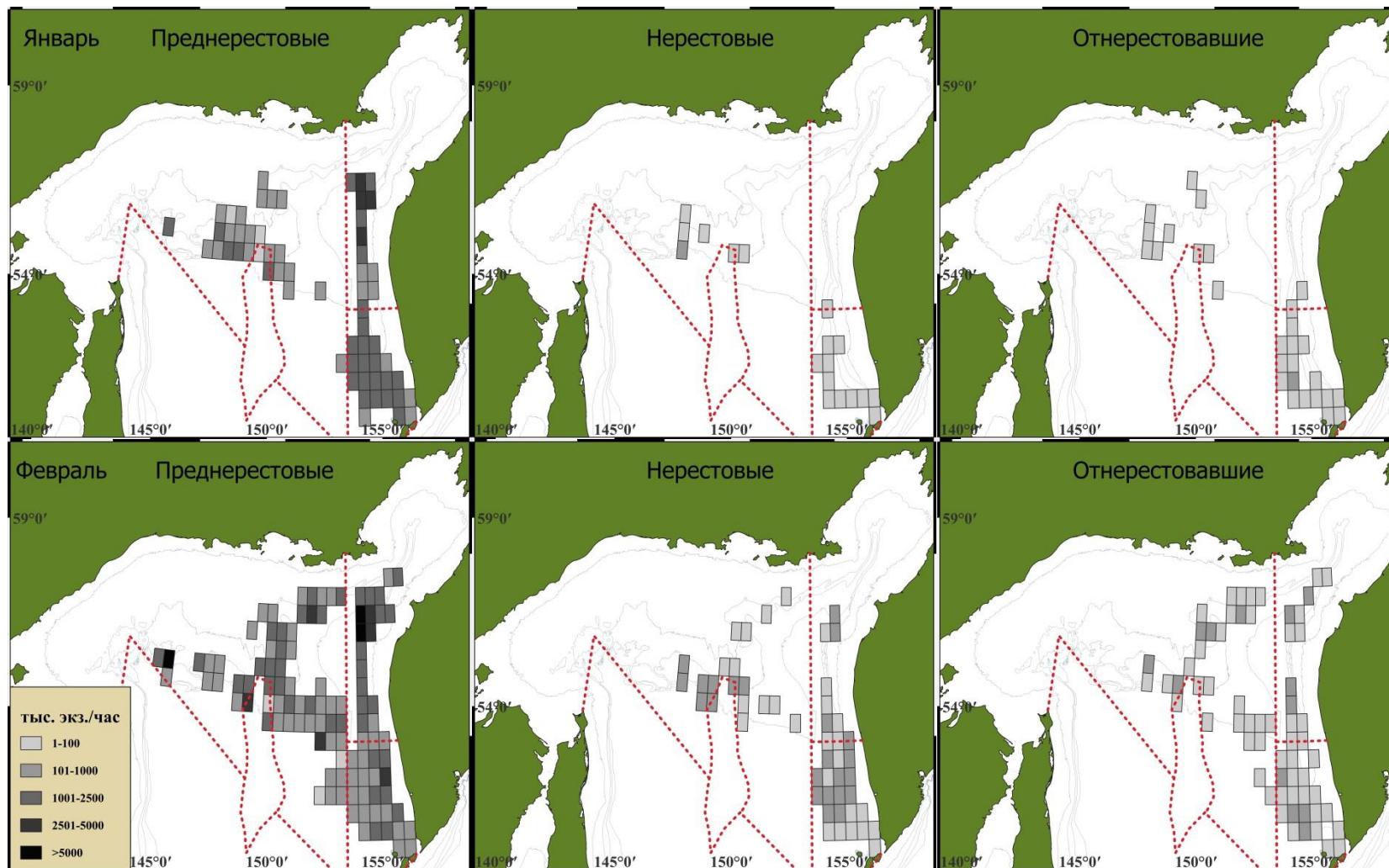


Рисунок 3.1 – Пространственное распределение преднерестового, нерестового и отнерестовавшего минтая в январе-феврале в северной части Охотского моря по среднемноголетним данным за 2001–2021 гг.

Примечание – Изолинии на картах – изобаты 100, 200, 300 и 500 м, пунктирные линии – границы промысловых подзон

После аномально холодного 2002 г. (Фигуркин и др., 2008) наступил период с благоприятной ледовой обстановкой, что позволило флоту в январе вести промысел в Северо-Охотоморской подзоне в районах возвышенности Лебедя, преимущественно до изобаты 300 м, и банки Кашеварова, с отдельными траплениями на североохотоморском шельфе. Суда, работающие у банки Кашеварова, дислоцировались в данном районе с осени предыдущего года, т.е. в период добычи нагульной сельди и минтая (промысловый сезон «Б»). Также в январе флот активно работал на скоплениях минтая южнее п-ва Кони на изобатах 200–300 м.

Таблица 3– Параметры скоплений минтая в северной части Охотского моря в среднем за январь–апрель 2001–2021 гг., тыс. экз./час

Месяц	Min	Max	M	SD	SE
преднерестовые					
Январь	0,732	12618	1288	1405	61
Февраль	0,041	28928	1448	2144	65
Март	0,001	33314	1519	1846	42
Апрель	0,001	39321	913	2486	95
нерестовые					
Январь	0,353	245	47	54	8
Февраль	0,040	5487	370	682	44
Март	0,006	9579	333	615	18
Апрель	0,001	40725	606	2443	105
отнерестовавшие					
Январь	0,822	213	36	38	5
Февраль	0,164	786	77	103	7
Март	0,060	3874	166	321	13
Апрель	0,002	3346	153	368	18

Примечание – Min – минимум, Max – максимум, M – среднее, SD – стандартное отклонение, SE – стандартная ошибка

Промысел минтая преимущественно ведется на скоплениях, в которых преобладают самки с гонадами на преднерестовых стадиях развития (III и IV), пригодные для последующей технологической обработки, а продукция из

которых (замороженная икра в ястыках) имеет высокую коммерческую стоимость. Однако собранные биологические данные на промысловых судах в периоды зимне-весенних путин 2001–2021 гг. указывают на присутствие в скоплениях особей с гонадами на всех стадиях развития на протяжении промыслового сезона. Т.е. в любом из выполненных тралений возможно присутствие преднерестовых, нерестовых и отнерестовавших особей (рисунок 3.1–3.2).

На рисунке 3.1 представлено пространственно–временное распределение минтая на разных этапах гаметогенеза. Как видно в январе в северо-восточной части моря в уловах преобладали преднерестовые особи, доли которых по трем подзонам практически не отличались, и у самцов составляли 97,9–100,0%, у самок 87,2–94,4%. В уловах, полученных в Северо-Охотоморской и Камчатско-Курильской подзонах, наблюдалось незначительное присутствие нерестовых и отнерестовавших особей, что указывало на начало зимнего нереста минтая.

Стоит отметить, что впервые созревающие самки с гонадами на стадии II-III присутствовали во всех трех подзонах, однако наибольшее количество было присуще для Западно-Камчатской подзоны (33,6%), что объясняется обитанием впервые созревающей молоди минтая в выростной зоне, расположенной между 57°–58° с.ш.

В феврале миграции преднерестовых особей в основном продолжаются в водах западной Камчатки и проходят в северном направлении, как над присваловой, так и шельфовой частях, достигая горловины зал. Шелихова (рисунок 3.1). В Северо-Охотоморской подзоне минтай образует плотные промысловые скопления над возвышенностью Лебедя (глубины более 400 м) и активно мигрирует вдоль изобат 400–500 м до банки Кашеварова. Распределение промыслового флота показывает активное перемещение преднерестового минтая в Притауйский район (южнее п-ва Кони). Результаты исследований, проведенных в 1980–2000-х гг., указывают на частичную миграцию минтая, без образований плотных промысловых скоплений, в воды покрытые льдом (Фадеев, 1981, 1987; Фадеев, Смирнов, 1994; Фадеев, Овсянников, 2001).

В уловах продолжают преобладать особи с гонадами на преднерестовых стадиях, доля которых в Северо-Охотоморской и Западно-Камчатской подзонах у самцов достигает 94,7–99,3%, у самок – 84,9–92,0%. В Камчатско-Курильской подзоне ситуация с развитием половых продуктов несколько отличается. Также большинство особей находится в преднерестовом состоянии: самцы – 89,1%, самки – 92,0%. По сравнению с показателями в январе, у обоих полов изменяется доля гонад на стадиях III и IV, в пользу последней. В Западно-Камчатской подзоне в незначительном количестве (менее 1%) у обоих полов появились нерестовые и отнерестовавшие особи, что указывает на развитие нереста в северном направлении вдоль западной Камчатки и увеличение площади южного нерестилища. Нерест у южной оконечности Камчатки развивается более динамично. Количество нерестовых самцов увеличивается до 8,7%, а самок – до 1,6%. Доля отнерестовавших рыб в Камчатско-Курильской подзоне остается незначительной – в пределах 3,5%. Впервые созревающие особи продолжали превалировать в северных районах. Однако их количество в Западно-Камчатской подзоне за месяц сократилось в два раза, что может объясняться увеличением количества мигрирующего минтая в направлении зал. Шелихова и Пritaуйского района. В Северо-Охотоморской подзоне доля впервые созревающих рыб оставалась на уровне февраля.

Как известно, начало весеннего периода характеризуется более активным развитием нереста минтая в северо-восточной части Охотского моря (Фадеев, Овсянников, 2001). Одновременно с этим площадь покрытия поверхности моря плотными льдами в марте достигает, как правило, своего максимума (Пищальник и др., 2020). Тем самым ограничивая промысел на большей части акваторий Северо-Охотоморской и Западно-Камчатской (зал. Шелихова) подзон. Распределение минтая в марте не ограничивается акваторией свободной ото льда. Воды, примыкающие к западному побережью Камчатки, к югу от 57°с.ш., покрыты льдом лишь в экстремально холодные годы, к которым в рассматриваемый период относился 2001 г. (Фигуркин, 2006; Фигуркин и др., 2008; Хен и др., 2002, 2022). В остальные годы ледовый покров незначительно

ограничивал промысел в северо-восточной части моря, за счет незначительной площади и раннего начала процессов его разрушения.

В марте возрастает миграционная активность минтая и не ограничивается присваловой частью у западной Камчатки и локальными участками в Северо-Охотоморской подзоне (рисунок 3.2, таблица 3). Рыбы активно мигрирует в направлении североохотоморского шельфа и Притауйского района, где независимо от степени развития общей гидрологической ситуации наблюдается влияние северной ветви Западно-Камчатского течения (Фигуркин, 2002). Устойчивые во времени скопления отмечаются в пределах южной части возвышенности Лебедя над глубинами более 350–400 м, что может свидетельствовать об отсутствии в марте масштабного затока теплых океанических вод (западной ветви Западно-Камчатского течения) в шельфовую зону северо-западной части моря (Жигалов, Лучин, 2010; Фигуркин, 2002; Гладышев, Хен, 2004). В большей степени преднерестовые скопления минтай образует на всей акватории над возвышенности Лебедя, достигая в северном направлении Притауйского района (п-ва Кони) и ограничиваясь изобатой около 200 м.

Стоит отметить, что расположение кромки плотных льдов позволяет вести промысел минтая не только над возвышенностью Лебедя, но и у северной границы нейтральных вод, выходя на глубины менее 200 м.

В течение марта гонады минтая становятся более зрелыми. Во всех рассматриваемых подзонах основу скоплений продолжают составлять преднерестовые особи (65,1–97,7%), мигрирующие вдоль западной Камчатки и от возвышенности Лебедя в направлении североохотоморского шельфа и банки Кашеварова (рисунок 3.2). В марте отмечается существенное снижение, более чем на 20%, преднерестовых особей в Камчатско-Курильской подзоне. Пространственное распределение рыб с текучими половыми продуктами указывает на нерест не только на шельфе западной Камчатки, но и за его пределами.

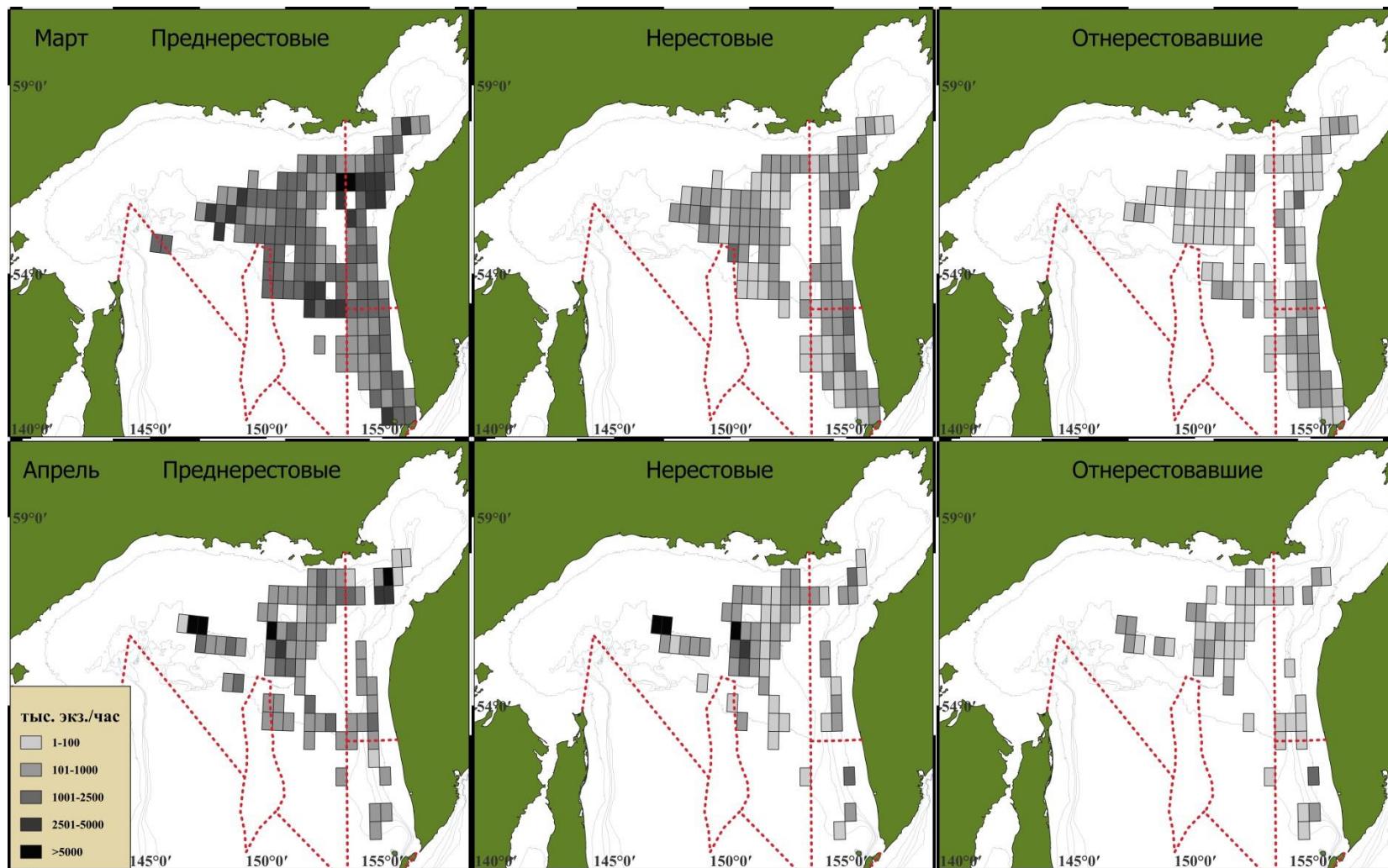


Рисунок 3.2 – Пространственное распределение преднерестового, нерестового и отнерестовавшего мятая в марте-апреле в северной части Охотского моря по среднемноголетним данным за 2001–2021 гг.

Примечание – Изолинии на картах – изобаты 100, 200, 300 и 500 м, пунктирные линии – границы промысловых подзон

Также на постепенное развитие нереста в марте указывает наличие в промысловых уловах отнерестовавших особей, доля которых в Северо-Охотоморской и Западно-Камчатской подзонах достигла 2,0%. В Камчатско-Курильской подзоне доля отнерестовавшего минтая более значительна – 11,1%.

Несмотря на постепенное разрушение ледяного покрова в северной части моря, большая часть акватории в первой декаде апреля не доступна для промысла. Как правило, северная часть моря освобождается ото льда во второй половине мая (Пищальник и др., 2020).

Согласно действующей редакции Правил рыболовства промысловый сезон «А» в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах осуществляется до 1 апреля, в Северо-Охотоморской подзоне до 10 апреля, что связано с началом массового нереста минтая в охотоморских водах (Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 06.05.2022 г. № 285). Сбор данных в запретные для промысла минтая сроки у западной Камчатки и Североохотоморском районе, осуществлялся на научно-исследовательских судах БИФ «ВНИРО», выполнивших мониторинг состояния ресурсов минтая в Охотском море.

Дислокация флота в Северо-Охотоморской подзоне в первую декаду апреля указывает на продолжение активной преднерестовой миграции минтая на североохотоморский шельф через возвышенность Лебедя (рисунок 3.2), что может быть объяснено направлением потока теплых водных масс океанического происхождения (Жигалов, Лучин, 2010; Фигуркин, 2011). В отдельные годы заток тихоокеанских вод на шельф частично разделялся на ветви северного и западного направлений, а также действовал апвеллинг в районе банки Кашеварова, что сказывалось на направлении нерестовых миграций минтая. В «теплые» и малоледовитые годы прослеживались преднерестовые миграции на североохотоморский шельф не только ограниченные районом возвышенности Лебедя, но и простирающиеся вдоль изобат 400–500 м до банки Кашеварова и впадины Дерюгина.

В уловах среди самцов доминировали преднерестовые особи 40,2–76,5%, преднерестовые самки встречались преимущественно в Западно-Камчатской и Северо-Охотоморской подзонах. В сравнении с мартом доля преднерестового минтая в Камчатско-Курильской подзоне, в среднем для обоих полов, уменьшилась на 25%.

Так как нерест минтая в северо-восточной части моря в апреле достигает своего пика, доля нерестовых и отнерестовавших особей за первую декаду месяца существенно возрастает. Исключением являются воды у северо-западной Камчатки и зал. Шелихова, где нерест протекает в несколько поздние сроки и где доля преднерестовых самок в апреле достаточно высока и достигает 74%.

### **3.2 Пространственное распределение минтая по результатам траловых съемок**

По данным весенних траловых съемок проведен анализ пространственного распределение минтая в северной части Охотского моря за период 2010-х и первой половины 2020-х гг. Общая исследованная площадь в среднем за 13 лет составляла 472,2 тыс. км<sup>2</sup> или 30% от общей площади моря.

Пространственное распределение численности и биомассы минтая в весенний период зависит от интенсивности нереста. Плотные концентрации половозрелых рыб приурочены к основным нерестилищам, а неполовозрелые распределены в местах нагула, расположенных за пределами нерестовых зон. На обследованной акватории средняя плотность скоплений составляла 123,5 тыс. шт./км<sup>2</sup> или 34,2 т/ км<sup>2</sup> (рисунок 3.3, таблица 4). На мористых участках в северо-западной части моря и мелководной части зал. Шелихова концентрация минтая была минимальной. Наиболее плотные скопления наблюдались восточнее 148° в.д. – вдоль западной Камчатки, в желобе зал. Шелихова, у Притауйской губы и над возвышенностью Лебедя. Западнее 148° в.д. – на североохотоморском шельфе и в районе банки Кашеварова, плотность скоплений не превышала 45 тыс. шт./км<sup>2</sup>. В среднем доля биомассы минтая, учтенная восточнее 148° в.д., достигала 90% от общей биомассы на всем полигоне исследований.

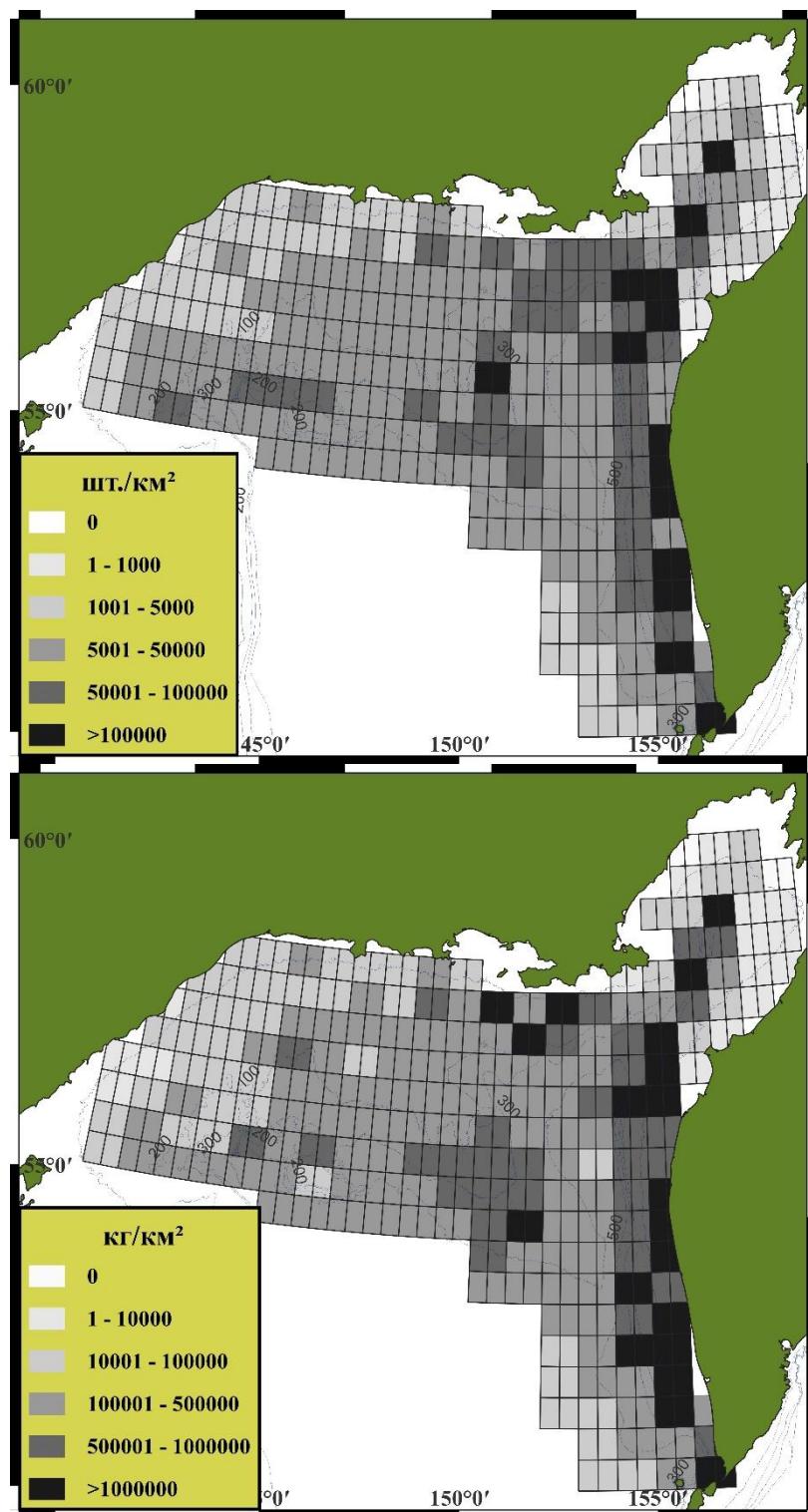


Рисунок 3.3 – Пространственное распределение численности (шт./км<sup>2</sup>) и биомассы (кг/ км<sup>2</sup>) минтая в северной части Охотского моря в среднем за апрель–май 2011–2023 гг.

Численность и биомасса минтая в разных районах моря значительно варьировали. У западной Камчатки средняя плотность составляла 176,2 тыс.

шт./ $\text{км}^2$  и 53,9 т/км $^2$ , в зал. Шелихова – 153,0 тыс. шт./ $\text{км}^2$  и 35,0 т/км $^2$  и в Северохотоморском районе – 88,8 тыс. шт./ $\text{км}^2$  и 22,9 т/км $^2$  (таблица 4). Как видно из представленных значений количественных оценок наиболее плотные скопления сосредоточены в водах у западной Камчатки и наименее – в Северохотоморском районе.

Таблица 4 – Параметры скоплений минтая в северной части Охотского моря в среднем за апрель-май 2011–2023 гг.

Статистический параметр	Численность, шт./ $\text{км}^2$	Биомасса, кг/км $^2$	Численность неполовозрелых, шт./ $\text{км}^2$	Численность половозрелых, шт./ $\text{км}^2$
Западная Камчатка				
Min	11	8,1	10	11
Max	4 266 691	855 954	4 258 395	2 238 723
M	176 208	53 942	100 128	76 072
SD	382 840	97 396	338 993	168 575
SE	12 500	3 180	11 069	5 504
Залив Шелихова				
Min	10	0,2	11	10
Max	2 666 754	921 650	2 268 675	2 649 151
M	153 044	35 032	79 845	73 199
SD	373 553	92 033	283 258	219 143
SE	21 496	5 296	16 300	12 610
Северохотоморский район				
Min	29	0,2	12	16
Max	4 335 122	1 581 760	4 255 105	2 606 058
M	88 816	22 980	50 639	38 177
SD	207 164	56 130	177 664	98 609
SE	5 056	1 370	4 336	2 407
Северная часть Охотского моря				
Min	10	0,2	10	10
Max	4 335 122	1 581 760	4 258 395	2 649 151
M	123 544	34 177	69 373	53 830
SD	296 333	77 002	252 358	141 289
SE	5 485	1 425	4 664	2 612

Примечание – Обозначения как в таблице 3

Распределение неполовозрелого минтая в весенний период в отличие от половозрелых особей не зависело от нереста. Неполовозрелые особи отмечены

практически на всей исследованной акватории, за исключением некоторых краевых тралений в зал. Шелихова (рисунок 3.4).

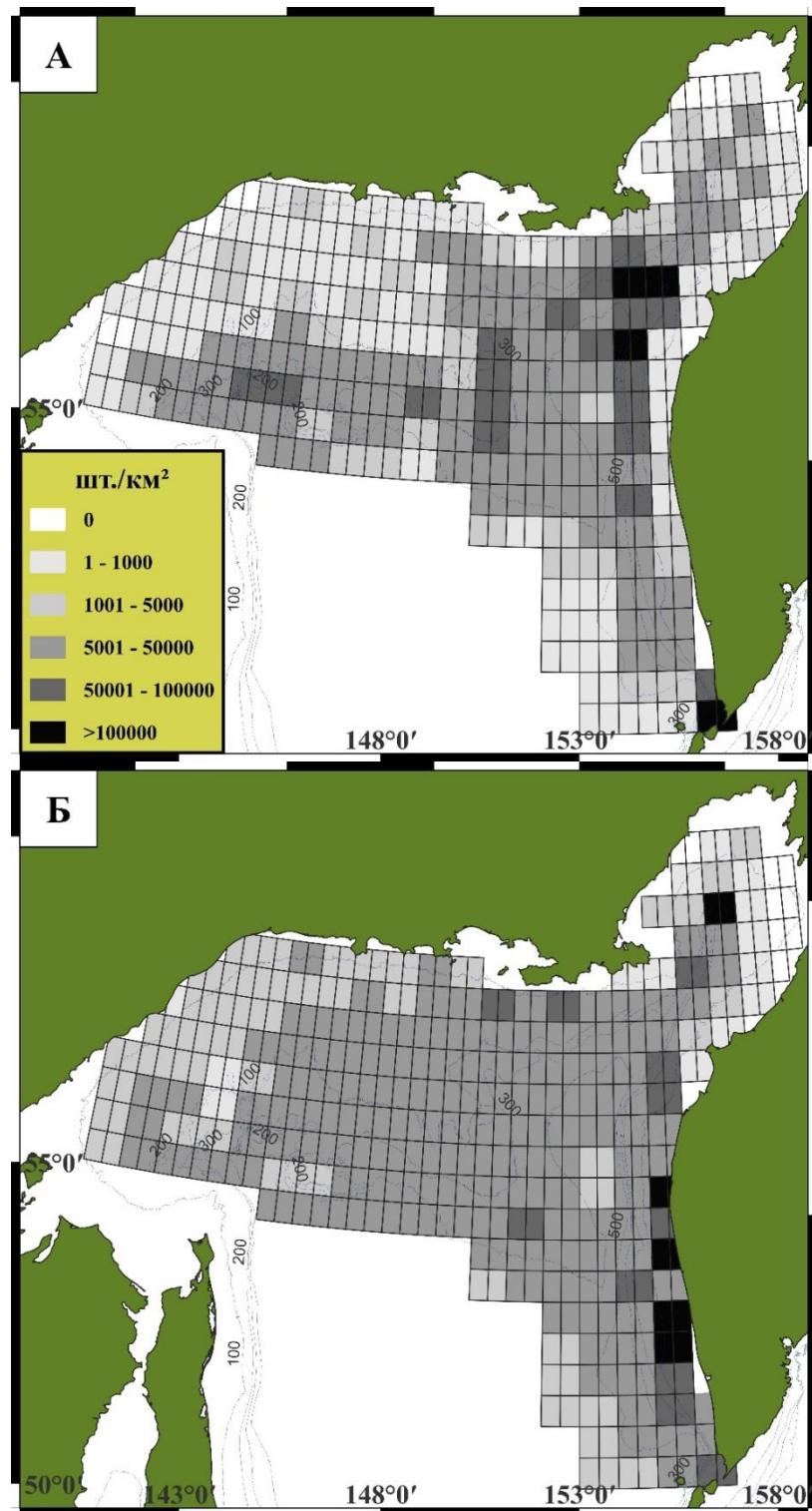


Рисунок 3.4 – Пространственное распределение численности ( $\text{шт./км}^2$ ) неполовозрелого (А) и половозрелого (Б) минтая в северной части Охотского моря в среднем за апрель-май 2011–2023 гг.

Скопления средней плотности наблюдались за пределами шельфовой зоны, за исключением притауйского шельфа. Наиболее плотные концентрации молодь образовывала у западной Камчатки – от 54°с.ш. до входа в зал. Шелихова, и особенно между 57–58° с.ш. – в выростной зоне, над возвышенностью Лебедя и в районе банки Кашеварова.

Пространственное распределение половозрелого минтая в весенний период в северной части Охотского моря в большей степени связано с его нерестовыми миграциями, ввиду чего он отмечен на всей акватории от внутреннего шельфа до глубоководной части моря. Однако, в отличие от неполовозрелых особей, плотные скопления приурочены к шельфовой зоне западной Камчатки (южнее 55° с.ш.), у Притауйской губы и глубоководной части зал. Шелихова (рисунок 3.4). В Североохотоморском районе половозрелые особи распределены наиболее равномерно, охватывая полностью шельфовую зону и частично глубоководную часть района. В мелководной северо-восточной части зал. Шелихова половозрелый минтай в уловах отсутствовал, вероятно, по причине выхоложенной акватории и не подходящей для нереста – в месте формирования Компенсационного течения (Фигуркин, 2003). Стоит отметить высокую среднюю плотность половозрелых рыб в зал. Шелихова (73,2 тыс. шт./км<sup>2</sup>), сопоставимую с таковой у западной Камчатки (таблица 4). Связано это с высокой концентрацией минтая в глубоководном желобе Лебедя, который по площади уступает мелководной части залива. На рассматриваемой акватории северной части Охотского моря средняя плотность неполовозрелых рыб в 1,3 раза выше плотности половозрелых, что указывает на численное преобладание в запасе в современный период первой группы особей.

Распределение разновозрастного минтая характеризуется зависимостью от его способности к продолжительным миграциям (Шунтов и др., 1993). По мнению О.С. Темных (1989) размерная группа до 30 см, в которую входят особи возрастом от 1 до 3 лет, не совершает протяженных горизонтальных миграций. Результаты исследований, проведенных в 2010-х – начале 2020-х гг., подтвердили данное мнение и показали, что минтай младших возрастных групп в течение длительного

периода концентрируется в пределах шельфа с постепенным смещением за его пределы (рисунок 3.5).

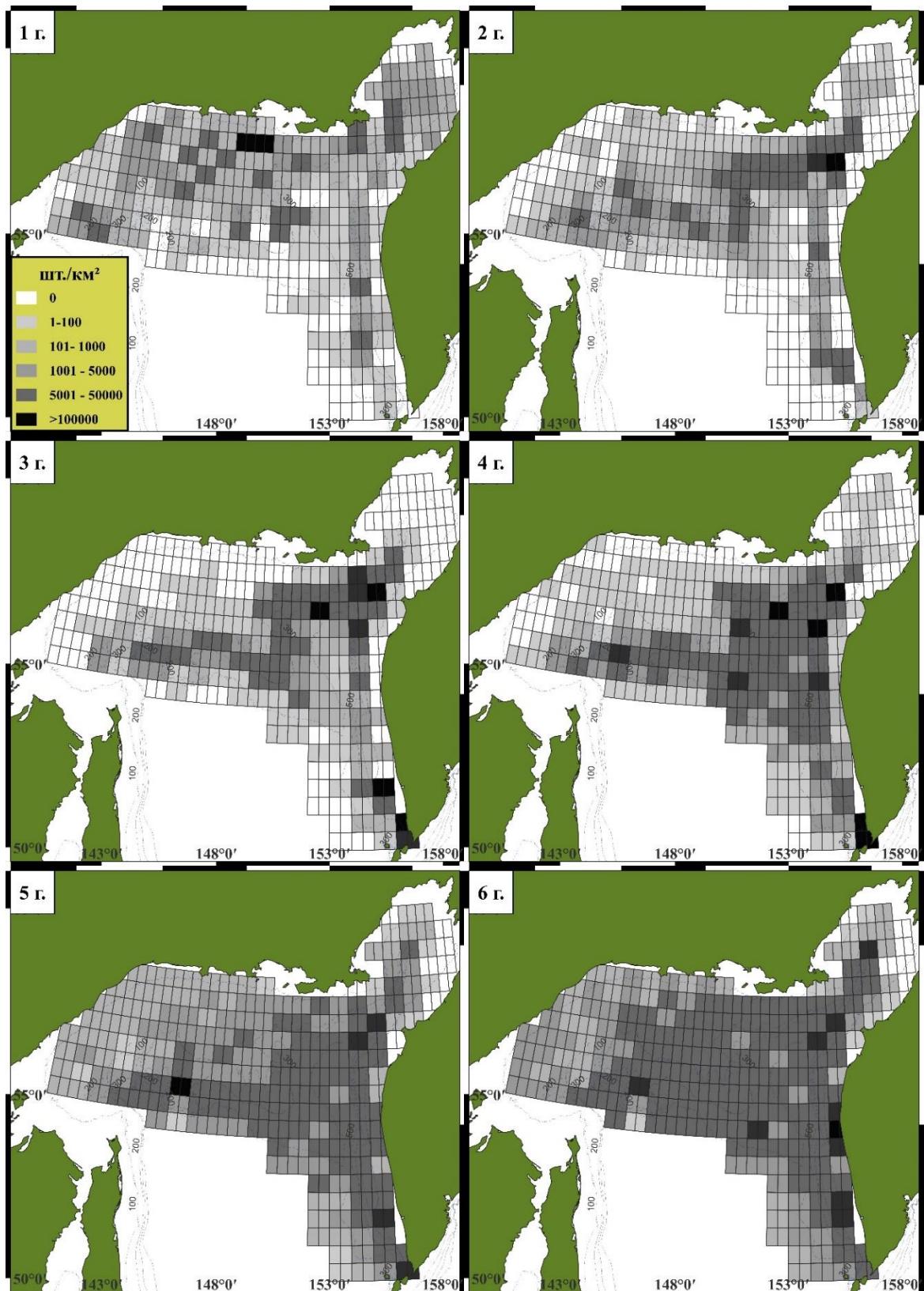


Рисунок 3.5 – Пространственное распределение минтая в возрасте 1–6 лет в северной части Охотского моря в среднем за апрель–май 2011–2023 гг.

Общая циркуляция вод в местах нереста влияет на выживаемость и дальнейшее распределение минтая на первом году жизни (Шунтов и др., 1993). В результате чего распределение годовиков в отличие от старших возрастов наиболее схоже с распределением икры (рисунок 3.5 и 5.1).

Наши исследования показали, что в отличие от распределения *годовиков* у западной Камчатки в 1998–2009 гг. (Овсянников, 2011), когда основные скопления находились на внутреннем шельфе (глубины менее 150 м), в 2011–2023 гг. годовалый минтай располагался за пределами шельфа. За счет появления в 2011 и 2021 гг. в водах района двух сверхурожайных поколений их средняя плотность составила 17859 шт./км<sup>2</sup>, что выше плотности периода 2000-х гг. (6129 шт./км<sup>2</sup>) (таблица 5).

В зал. Шелихова годовалый минтай концентрировался в глубоководном каньоне. Средняя плотность в заливе составляла 44262 шт./км<sup>2</sup>, что значительно выше уровня 2000-х гг. (18678 шт./км<sup>2</sup>) и объясняется появлением многочисленных поколений в северо-восточной части моря в рассматриваемый период. В 2000-х гг. смежные высокурожайные поколения 2004 и 2005 гг. появились именно в зал. Шелихова, где их средняя плотность составляла 7267 и 29868 шт./км<sup>2</sup>, соответственно (Овсянников, 2009).

В Североохотоморском районе средняя плотность годовиков была наименьшей из трех районов 11902 шт./км<sup>2</sup>, что объясняется большой площадью акватории над шельфовой зоной, к которой тяготеет молодь минтая. Также на уровень средней плотности годовиков в Североохотоморском районе повлияло появление единственного сверхурожайного поколения в 2013 г., которое превосходило численностью поколения 2011 и 2021 гг. в этом районе (Шейбак и др., 2022).

Сравнение пространственного распределения годовиков в северо-восточной и северо-западной частях моря в 2011–2023 гг. показало их существенное (в 2 раза) преобладание в северо-восточной части. Если в 2000-е гг. в северо-восточной части их средняя плотность составляла 12403 шт./км<sup>2</sup> (Овсянников, 2011), то в 2011–2023 гг. она увеличилась в 2 раза.

Таблица 5 –Средняя плотность скоплений разновозрастного минтая в северной части Охотского моря в среднем за апрель-май 2011–2023 гг., шт./км<sup>2</sup>

Район	Западная Камчатка					Залив Шелихова					Североохотоморский район					Северная часть Охотского моря				
	Возраст/параметр	Min	Max	M	SD	SE	Min	Max	M	SD	SE	Min	Max	M	SD	SE	Min	Max	M	SD
1 г.	26,3	4 257 224	17 859	182 867	5 952	38,2	1 394 696	44 262	180 918	10 067	21,2	4 240 433	11 902	133 323	3 251	21,2	4 257 224	15 513	147 938	2 573
2 г.	3,2	1 842 207	10 430	81 828	2 663	3,1	1 285 949	17 046	104 652	5 823	1,2	444 048	6 517	32 822	800	1,2	1 842 207	8 132	59 699	1 038
3 г.	0,4	2 380 558	18 223	110 271	3 589	0,7	899 443	6 664	55 136	3 068	0,3	1 114 820	9 090	48 860	1 191	0,3	2 380 558	11 067	71 873	1 250
4 г.	0,7	1 410 837	19 448	82 753	2 693	0,4	443 390	3 854	28 162	1 567	0,3	702 447	9 837	39 431	961	0,3	1 410 837	11 594	53 965	939
5 г.	0,5	1 268 424	25 489	76 980	2 505	0,4	89 978	2 912	9 115	507	0,3	351 219	10 085	26 285	641	0,3	1 268 424	13 107	46 319	806
6 г.	0,5	870 817	26 926	61 593	2 005	0,3	899 444	16 425	62 012	3 450	0,6	374 476	15 165	31 512	768	0,3	899 444	17 677	45 450	790
7 г.	0,8	807 929	25 266	56 710	1 846	0,4	1 052 177	20 348	72 530	4 036	0,7	740 140	12 487	31 353	764	0,4	1 052 177	16 072	44 640	776
8 г.	0,9	269 072	15 163	33 638	1 095	0,7	487 873	15 794	45 814	2 549	0,8	626 111	6 222	20 663	504	0,7	626 111	9 290	27 790	483
9 г.	0,9	128 776	5 104	12 353	402	0,4	94 203	4 862	13 431	747	0,3	269 355	2 744	8 916	217	0,3	269 355	3 463	10 226	178
10 г. и старше	1,3	409 515	10 754	27 667	900	0,6	343 518	10 641	32 389	1 802	4,4	769 929	4 481	22 215	542	0,6	769 929	6 603	24 219	421

Примечание – Обозначения как в таблице 3

Распределение *двухгодовиков* у западной Камчатки было схоже с распределением годовалого минтая. Наиболее плотные их концентрации располагались за пределами шельфа, при среднем значении плотности – 10430 шт./км<sup>2</sup>. Значительная их доля мигрировала из северной части зал. Шелихова к выходу из него. В Североохотоморском районе плотные скопления расположены ближе к глубоководной части моря. Различий в распределении в 2000-х гг. и 2011–2023 гг. в данном районе не обнаружено. Стоит отметить, что средняя плотность двухгодовиков минтая в сравнении с годовиками снизилась в северо-восточной и северо-западной частях моря в 2 раза.

Распределение *трехгодовиков* минтая в северной части моря в большей степени схоже с распределением двухгодовиков. Некоторыми различиями являлись их меньшая плотность на североохотоморском шельфе и постепенное смещение в мористую часть. Плотность скоплений трехгодовиков отличалась от плотности годовиков во всех районах. В зал. Шелихова это различие было наиболее существенно – трехгодовиков меньше в 6,6 раза. Наиболее плотные концентрации рыб этого возраста наблюдались в выростной зоне у северной оконечности п-ва Камчатка.

В возрасте *четырех* лет минтай начинает активно мигрировать в направлении глубоководной части моря, образуя наиболее плотные скопления над впадиной ТИНРО и возвышенностью Лебедя, относящимся к районам высокой продуктивности в Охотском море (Шунтов, 2001; Овсянников, 2011). При этом за счет активной миграции в направлении глубоководной части моря их плотность в зал. Шелихова относительно трехгодовиков снижается в 1,7 раз, а у западной Камчатки и Североохотоморском районе незначительно увеличивается.

В *пятилетнем* возрасте созревающие особи частично перераспределяются в направлении нерестилищ. Однако большее количество минтая остается над глубоководной частью моря.

Массовое созревание минтая на *6* году жизни приводит к его широкому и более равномерному распределению на акватории моря (рисунок 3.5, таблица 5). Стоит отметить, что созревшие в этом возрасте особи в весенний период тяготеют

к нерестилищам, а впервые созревающие (стадия гонад II-III) и неполовозрелые рыбы еще находятся над глубоководной частью моря.

Плотные скопления половозрелых рыб в возрасте 7–8 лет в весенний период в большей степени находятся в местах расположения основных нерестилищ у западной Камчатки, зал. Шелихова и Североохотоморском районе, преимущественно в пределах шельфа (рисунок 3.6).

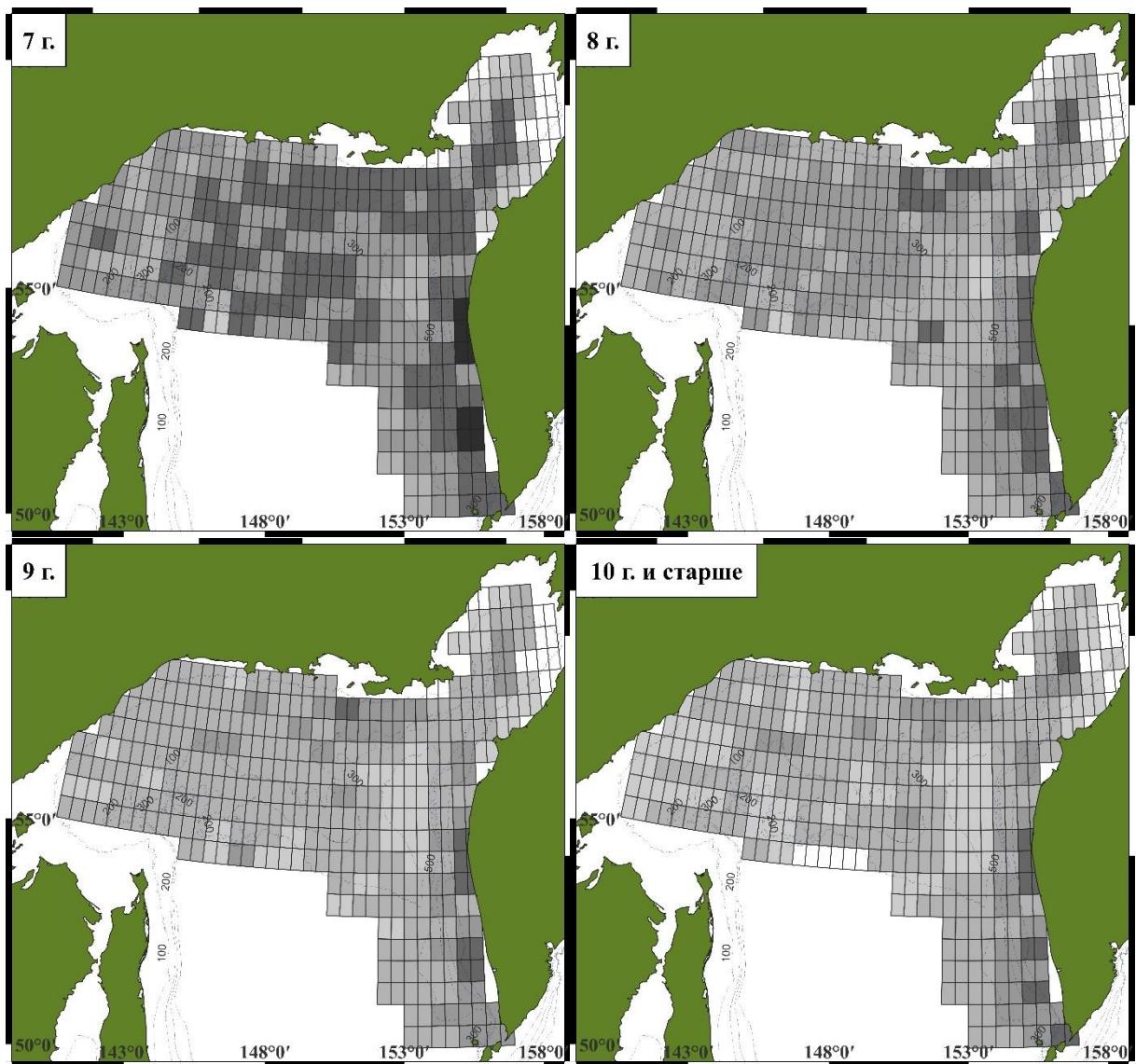


Рисунок 3.6 – Пространственное распределение минтая возрастом 7–10 лет и старше в северной части Охотского моря в среднем за апрель–май 2011–2023

гг. Примечание – Градации как на рисунке 3.5

Плотность концентраций старшевозрастных рыб (от 9 лет и старше) относительно остальных возрастных групп значительно меньше, за счет низкой

доли таких рыб в общем запасе (Шейбак и др., 2022). Кроме того, старшевозрастной минтай переходит к придонному образу жизни, пропускает нерест либо совсем прекращают нереститься и в меньшей степени доступен к облову пелагическим траалом (Жукова, Пономарев, 2016).

В целом приведенные в настоящей главе анализ пространственного распределения минтая в северной части Охотского моря в зимне-весенний период указывает на начало формирования преднерестовых скоплений в январе у южной оконечности п-ва Камчатка, в районах возвышенности Лебедя и банки Кашеварова. В феврале-марте минтай продолжает мигрировать в северном направлении, достигая притауйского, североохотоморского шельфа и вод зал. Шелихова, где расположены его основные нерестилища. Пространственное распределение минтая в апреле свидетельствует о наличии нереста не только на западнокамчатском шельфе, но и над сваловой частью. По данным весенних комплексных съемок концентрации половозрелого минтая приурочены к нерестилищам, а неполовозрелые особи расположены в местах нагула, расположенных за их пределами. Распределение разновозрастных рыб в большей степени было схоже с их распределением в 1998–2009 гг. Скопления особей возрастом 1–2 года преимущественно расположены в пределах шельфа, а в возрасте 3 лет минтай частично мигрирует в глубоководную часть моря, старшевозрастные рыбы рассредоточиваются в места нагула и нерестилищ. Несмотря на различия пространственного распределения минтая, отмечается практически равный вклад особей, обитающих в северо-восточной и северо-западной частях моря, в воспроизводство североохотоморской популяции.

## ГЛАВА 4. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПАСА И НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ МИНТАЯ

### 4.1 Динамика численности и биомассы минтая

Комплексные исследования, проведенные в северной части Охотского моря в 2011–2023 гг., направленные на оценку состояния сырьевой базы минтая прямыми методами учета, определили существенные колебания уровней его численности и биомассы.

*Северо-восточной часть моря.* Начало прошедшего десятилетия отмечено резким увеличением и последующим снижением уровня общей численности минтая (рисунок 4.1, таблица 6). Произошло это за счет появления в 2011 г. многочисленного поколения. Как представлено выше (глава 3) молодь в большей степени концентрируется в северо-восточной части Охотского моря у берегов западной Камчатки, поэтому в 2012 г. оцененная численность годовиков в этом районе была высокой (11,9 млрд экз.), в то время как в северо-западной части учтенная численность находилась на низком уровне (Шейбак и др., 2022).



Рисунок 4.1 – Динамика численности и биомассы минтая в северо-восточной части Охотского моря

В 2013 г. в северо-восточной части не должна была наблюдаться низкая численность минтая. Однако выживаемость особей одного из наиболее урожайных поколений прошлого десятилетия была низкой, что отразилось на уровне запаса (Варкентин и др., 2021; Шейбак и др., 2022).

Таблица 6 – Численность и биомасса минтая в северной части Охотского моря

Год	Северо-восточная часть		Северо-западная часть		Северная часть Охотского моря	
	млрд экз.	млн т	млрд экз.	млн т	млрд экз.	млн т
2011	17,396	6,072	22,447	6,819	39,843	12,891
2012	26,834	5,499	16,515	5,388	43,349	10,887
2013	11,001	3,666	13,244	3,843	24,245	7,509
2014	20,404	6,155	38,623	6,144	59,027	12,299
2015	17,413	5,397	23,987	5,729	41,400	11,126
2016	22,277	5,271	23,399	5,668	45,676	10,939
2017	19,111	5,790	34,876	6,715	53,987	12,505
2018	18,567	5,960	28,550	5,392	47,117	11,352
2019	27,402	7,064	17,946	5,266	45,348	12,330
2020	19,264	6,447	26,921	8,111	46,185	14,558
2021	19,495	7,601	21,004	7,551	40,499	15,152
2022	35,309	8,212	16,329	4,461	51,638	12,673
2023	22,839	6,086	18,487	5,968	41,326	12,054

Кроме того, учет траловым методом двухгодовалого минтая является не всегда корректным, так как он обитает в районе, расположенному на восточных свалах впадины ТИНРО и труднодоступен для выполнения пелагическим тралом придонных тралений. Вследствие этого, учтенная численность значительно уменьшилась – до 11,0 млрд экз. В 2014–2018 гг. динамика запаса имела разнонаправленный характер, с вариацией от 17,4 до 22,3 млрд экз., при среднем значении 19,3 млрд экз. В 2019 г. за счет частичного перераспределения рыб из вод северо-западной части в присваловую и шельфовую части западной Камчатки численность увеличилась в 1,4 раза, составив 27,4 млрд экз. В 2020 – 2021 гг.

численность минтая вновь была ниже среднего уровня за рассматриваемый период – 19,3 и 19,5 млрд экз. Возможной причиной этого являлось перераспределение особей из северо-восточной в северо-западную часть моря – в район возвышенности Лебедя. В результате появления очередного многочисленного поколения в 2022 г. численность резко возросла до максимального значения, составив 35,3 млрд экз. Однако уже в 2023 г. отмечено падение до среднемноголетнего уровня – 22,8 млрд экз.

Динамика биомассы минтая в северо-восточной части моря, в отличие от динамики численности, была более плавной (рисунок 4.1). Значительное снижение биомассы отмечено в 2013 г. (3,7 млн т), что в большей степени связано со снижением численности старшевозрастных половозрелых особей поколений второй половины 2000-х гг. и низкой численностью ближнего пополнения нерестовой части запаса. После резкого спада уровень биомассы в 2014 г. увеличился в 2 раза, составив 6,1 млн т, что соответствовало уровню среднего значения за весь период. Возможными причинами столь резкого всплеска являлись, частичное перераспределение минтая из северо-западной части в возрасте 4–5 лет и результативный учет пелагическим тралом многочисленного поколения 2011 г. в возрасте 3 г. С 2015 по 2022 гг. отмечено ееcanoобразное увеличение до максимального значения за тринадцать лет – 8,2 млн т. В 2023 г. биомасса минтая вновь снизилась до среднемноголетнего уровня, составив 6,1 млн т.

*Северо-западная часть моря.* Межгодовая динамика численности минтая здесь отличалась от таковой в северо-восточной. В связи с элиминацией особей многочисленных поколений 2000-х гг. первые три года второго десятилетия наблюдалось постепенное снижение численности, которая в 2013 г. достигла минимального значения – 13,2 млрд экз. (рисунок 4.2, таблица 6).

За счет появления в 2013 г. сверхурожайного поколения в 2014 г. произошел значительный рост запаса минтая, который за десятилетие достиг максимального уровня – 38,6 млрд экз. В 2015 и 2016 гг. численность снизилась до среднего значения, хотя количество особей поколения 2013 г. в возрасте 2–3 г. должна

была удерживать ее на значительно высоком уровне. В 2017 г. зарегистрировано очередное увеличение до 34,9 млрд экз., уровень которого был на втором месте за десятилетие. Данный рост связан с учетом в 4-х годовом возрасте особей среднеурожайного поколения 2013 г., а также появлением в этой части моря многочисленного поколения в 2016 г.

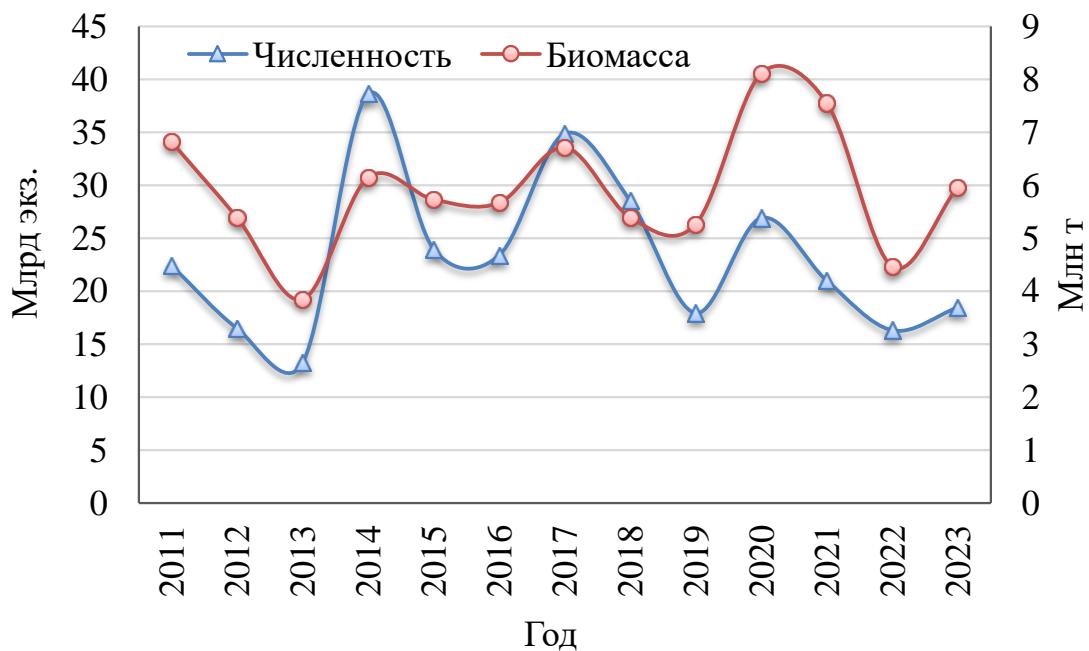


Рисунок 4.2 – Динамика численности и биомассы минтая в северо-западной части Охотского моря

Далее, в течение двух лет, наблюдалось снижение запаса до уровня ниже среднего – 17,9 млрд экз., произошедшее за счет частичного перераспределения минтая в воды западной Камчатки. В конце второго десятилетия результаты комплексных съемок выявили нетипичный характер пространственного распределения минтая в водах северо-западной части моря, а именно, его частичное смещение и концентрацию скоплений в районе возвышенности Лебедя. Итогом чего в 2020 г. стало увеличение его численности до 26,9 млрд экз. В первые три года 2020-х гг. вновь отмечено снижение количества минтая в северо-западной части моря до уровня ниже среднемноголетнего.

Увеличение и снижение параметров обилия происходило синхронно (рисунок 4.2). На протяжении первых трех лет второго десятилетия наблюдалось

снижение биомассы по причинам аналогичным снижению численности – за счет выбывания из запаса особей многочисленных поколений 2000-х гг. В этот период отмечен ее минимальный уровень, составивший 3,8 млн т. В 2014 г. произошло резкое увеличение в 1,6 раза, связанное с появлением особей многочисленного поколения 2013 г. Последующие два года биомасса оставалась на уровне ниже среднемноголетнего значения. Очередное увеличение до 6,7 млн т отмечено в 2017 г., произошедшее за счет появления в северо-западной части неурожайного поколения в 2016 г., а также наличия в рассматриваемом районе особей среднеурожайного поколения 2013 г. в возрасте 4-х лет. В 2018 и 2019 годы отмечалось перераспределение минтая из северо-западной части моря в северо-восточную, за счет чего произошло незначительное снижение биомассы. В конце десятилетия более плотные концентрации минтая наблюдались в северо-западной части, в результате чего учтенная биомасса достигла максимального значения за рассматриваемый период – 8,1 млн т. В начале третьего десятилетия биомасса вновь опустилась до среднемноголетнего уровня.

*Северная часть Охотского моря.* Несмотря на разнонаправленность динамики численности и биомассы в разных частях моря, анализ вариации параметров обилия в северной части моря выявил схожесть между ними.

В начале 2010-х гг. наблюдалось общее снижение численности и биомассы до минимальных значений за рассматриваемый период – 24,2 млрд экз. и 7,5 млн т (рисунок 4.3, таблица 6). Далее последовал резкий рост запаса – численность достигла максимального уровня – 59,0 млрд экз., биомасса среднего – 12,3 млн т. В период с 2015 по 2017 гг. отмечено снижение и плавный рост запаса. С 2019 по 2023 гг. параметры обилия минтая в северной части моря имели разнонаправленную динамику. Так в 2021 г. отмечен рост биомассы до максимального значения – 15,1 млн т, в свою очередь численность находилась ниже среднемноголетнего уровня – 40,5 млрд экз. В последующие два года биомасса стабилизировалась на уровне 12,3 млн т, а численность достигнув одного из высоких значений (51,6 млрд экз.) за рассматриваемый период, снизилась до 41,3 млрд экз.

Пространственное распределение минтая в северной части Охотского моря в 1990-х и 2000-х гг. в большой степени зависело от гидрологической ситуации и уровня его численности (Фадеев 2001; Смирнов, Авдеев 2003; Овсянников и др., 2013, Овсянников, Пономарев, 2014). В «холодные» по метео- и гидрологическим условиям годы, распределение минтая ограничивалось 148° в.д., с расположением плотных скоплений в водах западной Камчатки. В «теплые» годы нерестовые скопления минтая отмечены не только в северо-восточной части моря, но и частично в северо-западной – на североохотоморском шельфе западнее 148° в.д.

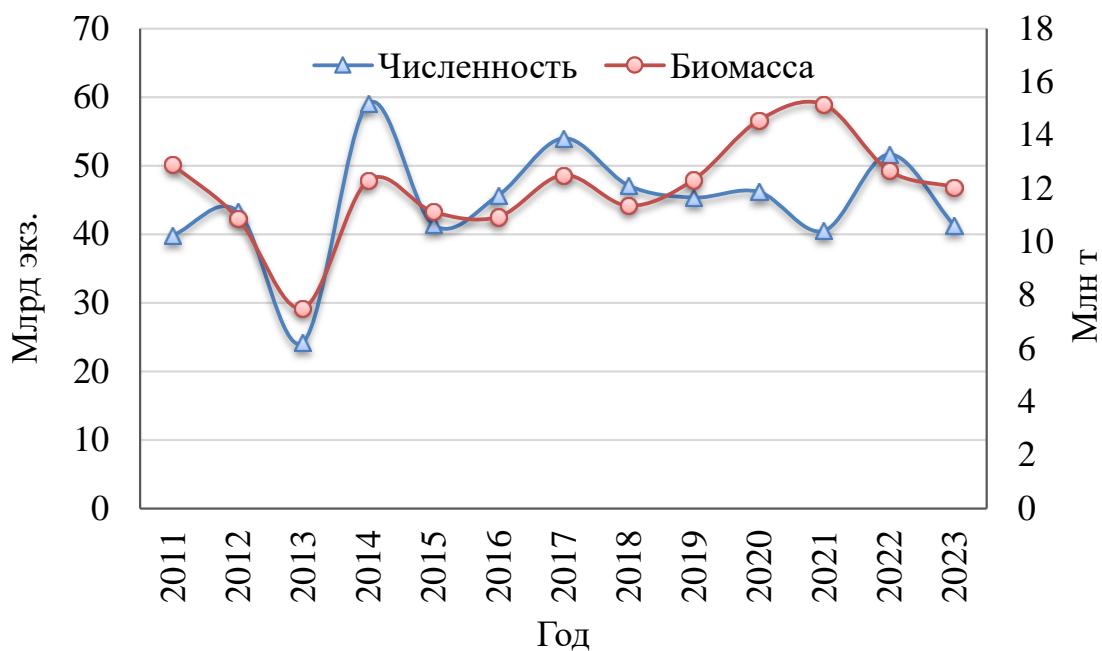


Рисунок 4.3 – Динамика численности и биомассы минтая в северной части Охотского моря

По данным комплексных съемок, проведенных в северной части Охотского моря, период с 2011 по 2023 г., по метео- и гидрологическому режимам характеризовался как теплый. В отличие от распределения нерестовой биомассы минтая в 2000-х гг. (Овсянников и др., 2013), когда в 9 из 10 случаев более 50% ее учтенного объема приходилось на воды северо-восточной части моря, в весенний период 2011–2023 гг. в 7 случаях (2012–2016 и 2020, 2023 гг.) из 13 нерестовый запас преобладал в водах северо-западной части, где его доля варьировала от 51,2 до 59,9% (рисунок 4.4). И в 6 случаях (2011, 2017–2019, 2021–2022 гг.) большее

количество особей нерестового запаса находилось в северо-восточной части моря – 50,2–62,2%.

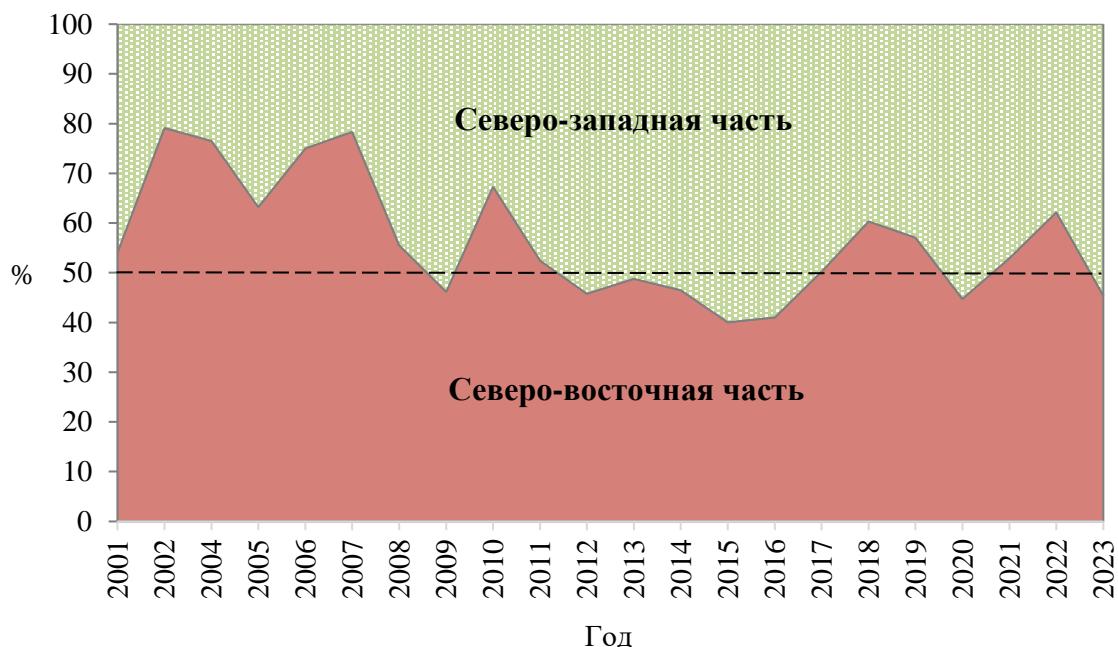


Рисунок 4.4 – Распределение биомассы нерестового запаса минтая между северо-восточной и северо-западной частями Охотского моря в весенний период

#### **4.2 Динамика размерно-возрастного состава минтая по результатам траловых съемок**

С 1991 по 2010 г. в структуре общего запаса североохотоморского минтая высоким уровнем численности выделялись несколько поколений, к которым относились урожайные 1995 и 1997 г.р., среднегурожайные 2000 и 2002 г.р. и сверхурожайные 2004 и 2005 г.р. (Авдеев и др., 2001; Овсянников, 2009; Овсянников и др., 2013). Начиная с середины 2000-х гг., половозрелая часть перечисленных генераций минтая обеспечила стабильный его промысел в северной части Охотского моря (Варкентин, Сергеева, 2017; Варкентин и др., 2021; Шейбак и др., 2023).

В динамике размерно-возрастной структуры за последнее 13 лет, как и в предыдущие годы исследований, отмечались существенные изменения.

В северо-восточной части моря общий размерный состав минтая в траловых уловах при проведении учетных работ находился в пределах 3–86 см, при средней длине – 33,1 см. Возрастной состав особей варьировал от 1 до 20 лет (рисунок 4.5, 4.6).

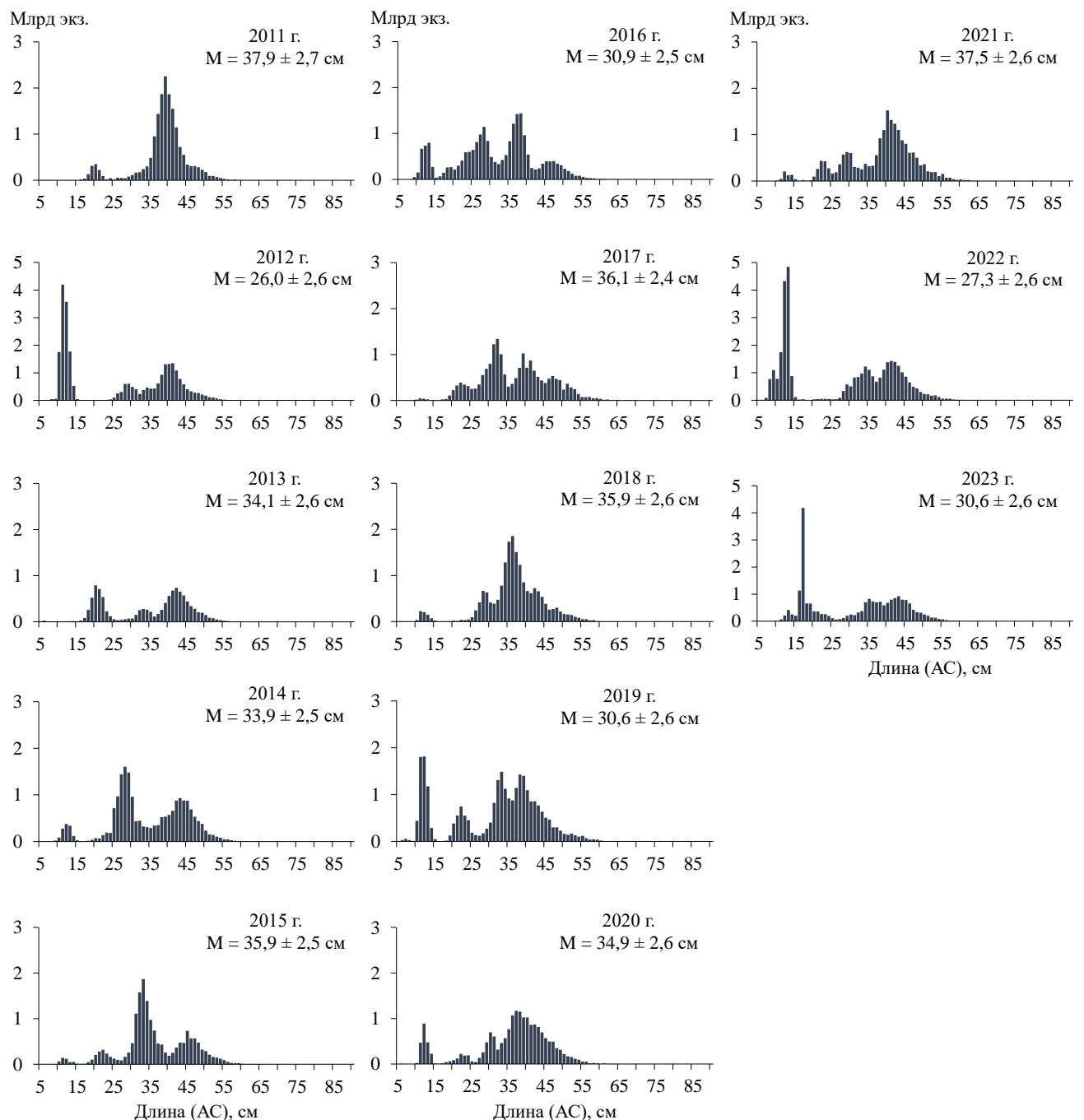


Рисунок 4.5 – Размерный состав минтая в северо-восточной части Охотского моря

Размерно-возрастная структура общего запаса минтая в большинстве рассматриваемых лет имела полимодальный характер. Присутствовали особи как

дальнего и ближнего пополнений нерестового запаса, так и половозрелые, составляющие его основу (рисунок 4.5, 4.6, приложение 1).

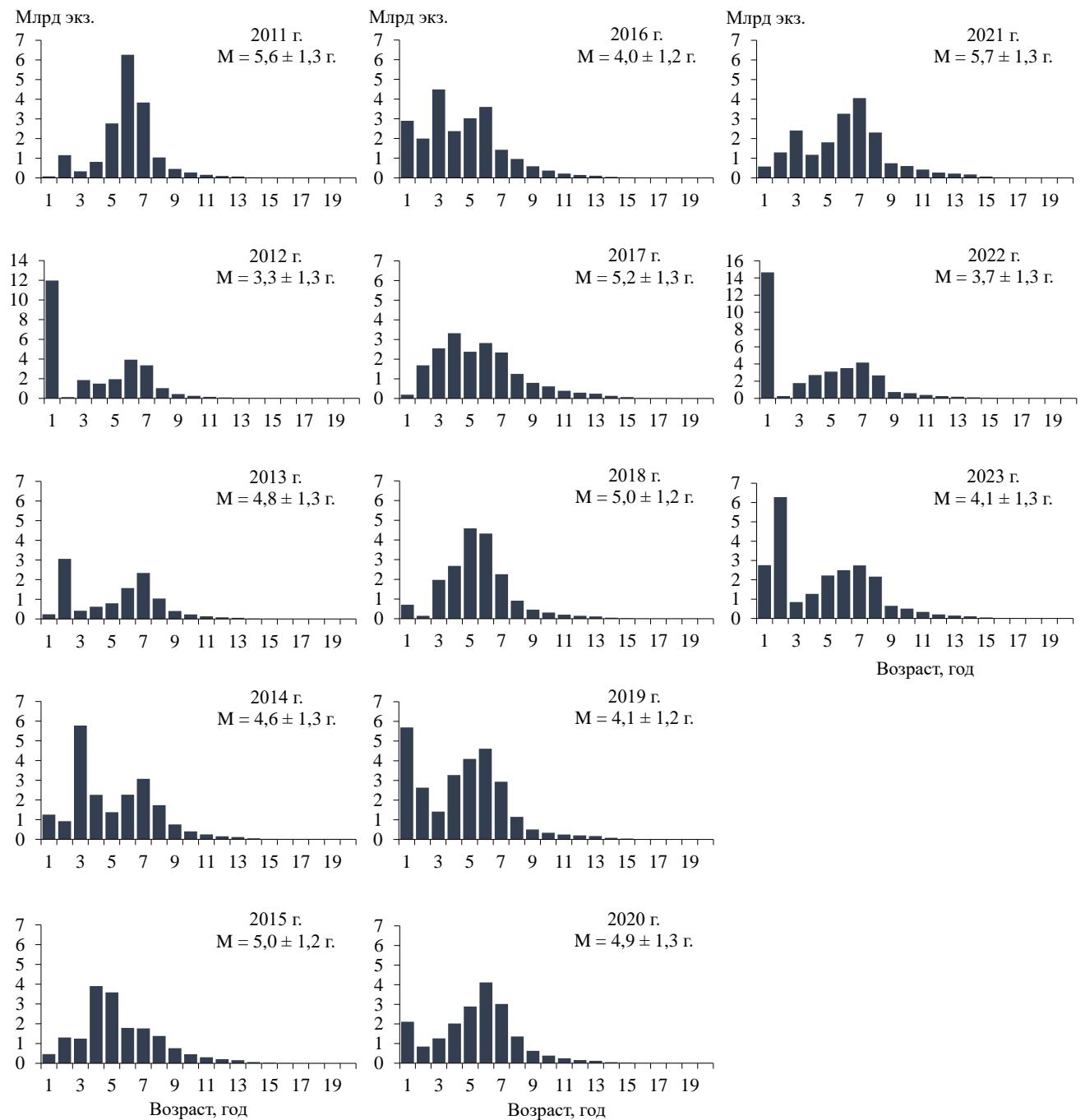


Рисунок 4.6 – Возрастной состав минтая в северо-восточной части Охотского моря

Исключением являлся 2011 г., когда основу запаса составляли особи размерной группы 35–43 см (63,6%) и возрастом 5–7 лет (73,9%), относящихся к сверхурожайному поколению 2004 г., среднеурожайному – 2005 г. и неурожайному – 2006 г. (Овсянников, 2009). Особи дальнего пополнения

нерестового запаса (1–3 г.) составляли в сумме не более 9,0%. Упрощенная структура запаса наблюдалась с середины 2000-х гг., когда помимо упомянутых многочисленных поколений, не появилось ни одного такого же уровня (Овсянников и др., 2013).

Анализ динамики возрастного состава запаса в последующие годы указывает на существенное преобладание с 2012 по 2016 гг. только одного поколения минтая – 2011 г., которое было многочисленно в водах западной Камчатки. В годовалом возрасте численность данного поколения составляла 11,9 млрд экз. (44,6% от общего запаса), а по методике оценки урожайности, разработанной Е.Е. Овсянниковым (2009), относилось к сверхурожайному (таблица 7). Однако к моменту вступления особей этого поколения в половозрелую часть запаса его уровень урожайности снизился до среднеурожайного, составив для рыб возрастом 3–4 года 4,8 млрд экз. В возрасте 9 лет численность поколения 2011 г. составляла менее 1 млрд экз.

Появление в 2015 г. среднеурожайного поколения (2,9 млрд экз.), а также частичное перераспределение в 2016 и 2017 гг. двух и трех годовиков из Североохотоморского района в выростную зону у западной Камчатки – восточные склоны впадины ТИНРО, привело к усложнению возрастной структуры общего запаса минтая северо-восточной части моря (рисунок 4.6).

С 2017 по 2021 гг. преобладали среднеразмерные особи от 30 до 40 см в возрасте 4–5 лет, относящиеся к ближнему пополнению нерестового запаса, и крупноразмерные особи длиной 41–47 см в возрасте 6–8 лет, составляющие его основу. Численность неполовозрелой части запаса, состоящей из 1–3-х годовиков, была незначительной, за исключением 2019 г., когда в водах западной Камчатки и зал. Шелихова были обнаружены скопления годовиков сверхурожайного поколения 2018 г. (5,7 млрд экз.). Однако к возрасту 3–4 лет уровень поколения 2018 г.р. снизился до неурожайного (таблица 7).

Анализ соотношения трех возрастных групп, являющихся основой общего запаса минтая в северо-восточной части моря на протяжении 2011–2023 гг., показал, что средняя доля младшевозрастного минтая дальнего пополнения (1–3

г.) составляла 30,9%, средневозрастного (4–5 лет), относящегося к ближнему пополнению – 23,0%, а старшевозрастного (6 и старше лет), составляющего основу нерестового запаса – 46,1% (таблица 8).

Таблица 7 – Оценка урожайности поколений минтая в северной части Охотского моря

Поколение, г.р.	Северо-восточная часть		Северо-западная часть		Северная часть Охотского моря	
	млрд экз.	1 год	млрд экз.	1 год	млрд экз.	1 год
2011	11,970	сверхурожайное	0,601	неурожайное	12,571	сверхурожайное
2012	0,238	неурожайное	0,937	среднеурожайное	1,175	среднеурожайное
2013	1,252	среднеурожайное	18,233	сверхурожайное	19,486	сверхурожайное
2014	0,462	неурожайное	5,939	сверхурожайное	6,401	сверхурожайное
2015	2,897	среднеурожайное	1,904	среднеурожайное	4,801	урожайное
2016	0,190	неурожайное	7,067	сверхурожайное	7,257	сверхурожайное
2017	0,714	неурожайное	2,861	среднеурожайное	3,575	урожайное
2018	5,692	сверхурожайное	0,264	неурожайное	5,957	сверхурожайное
2019	2,114	среднеурожайное	0,524	неурожайное	2,638	среднеурожайное
2020	0,586	неурожайное	0,165	неурожайное	0,751	неурожайное
2021	14,650	сверхурожайное	2,892	среднеурожайное	17,543	сверхурожайное
2022	2,756	среднеурожайное	1,473	среднеурожайное	4,230	урожайное
Поколение, г.р.	млрд экз.	среднее 3-4 год	млрд экз.	среднее 3-4 год	млрд экз.	среднее 3-4 год
2011	4,839	среднеурожайное	3,040	неурожайное	7,878	среднеурожайное
2012	1,809	низкоурожайное	2,149	неурожайное	3,958	неурожайное
2013	3,905	неурожайное	7,448	среднеурожайное	11,353	сверхурожайное
2014	2,617	неурожайное	3,814	неурожайное	6,431	среднеурожайное
2015	2,621	неурожайное	3,320	неурожайное	5,941	среднеурожайное
2016	1,720	низкоурожайное	3,519	неурожайное	5,239	среднеурожайное
2017	1,331	низкоурожайное	1,972	низкоурожайное	3,303	неурожайное
2018	2,562	неурожайное	0,946	низкоурожайное	3,508	неурожайное
2019	1,525	неурожайное	0,789	низкоурожайное	2,314	неурожайное

Таблица 8 – Возрастная структура общего запаса минтая в северной части Охотского моря, %

Структура запаса	Северо-восточная часть			Северо-западная часть			Северная часть Охотского моря		
	Дальнее пополнение (1-3 года)	Ближнее пополнение (4-5 лет)	Нерестовый запас (6 лет и старше)	Дальнее пополнение (1-3 года)	Ближнее пополнение (4-5 лет)	Нерестовый запас (6 лет и старше)	Дальнее пополнение (1-3 года)	Ближнее пополнение (4-5 лет)	Нерестовый запас (6 лет и старше)
2011 г.	9,01	20,62	70,37	3,71	31,16	65,13	6,02	26,56	67,42
2012 г.	52,01	12,88	35,11	9,75	15,46	74,79	35,91	13,86	50,22
2013 г.	33,76	12,84	53,40	21,06	17,54	61,40	26,82	15,41	57,77
2014 г.	38,95	17,82	43,23	61,09	11,63	27,28	53,44	13,77	32,79
2015 г.	17,29	43,01	39,70	47,26	13,48	39,26	34,65	25,90	39,45
2016 г.	42,11	24,22	33,67	38,82	20,87	40,31	40,42	22,50	37,07
2017 г.	23,14	29,83	47,03	39,16	38,85	21,99	33,49	35,66	30,85
2018 г.	14,93	38,35	46,71	40,26	35,42	24,32	30,15	36,59	33,26
2019 г.	35,54	26,88	37,57	13,62	31,93	54,45	26,87	28,88	44,25
2020 г.	21,93	25,52	52,55	8,81	37,37	53,82	14,29	32,43	53,29
2021 г.	22,01	15,31	62,65	6,34	27,01	66,65	13,88	21,38	64,72
2022 г.	47,29	16,48	36,23	23,41	21,35	55,24	39,74	18,02	42,24
2023 г.	43,28	15,32	41,39	24,76	10,99	64,25	35,00	13,38	51,62
Среднее значение	30,87	23,01	46,12	26,00	24,08	49,91	30,05	23,41	46,54

Структура размерно-возрастного состава минтая в северо-западной части моря также, как и в северо-восточной, изменялась на протяжении рассматриваемого периода от упрощенного к сложному типу (рисунок 4.7, 4.8, приложение 2). Общий размерный состав минтая в научных уловах находился в пределах 5–82 см, ср. – 30,9 см. Возрастной состав особей варьировал от 1 до 20 лет.

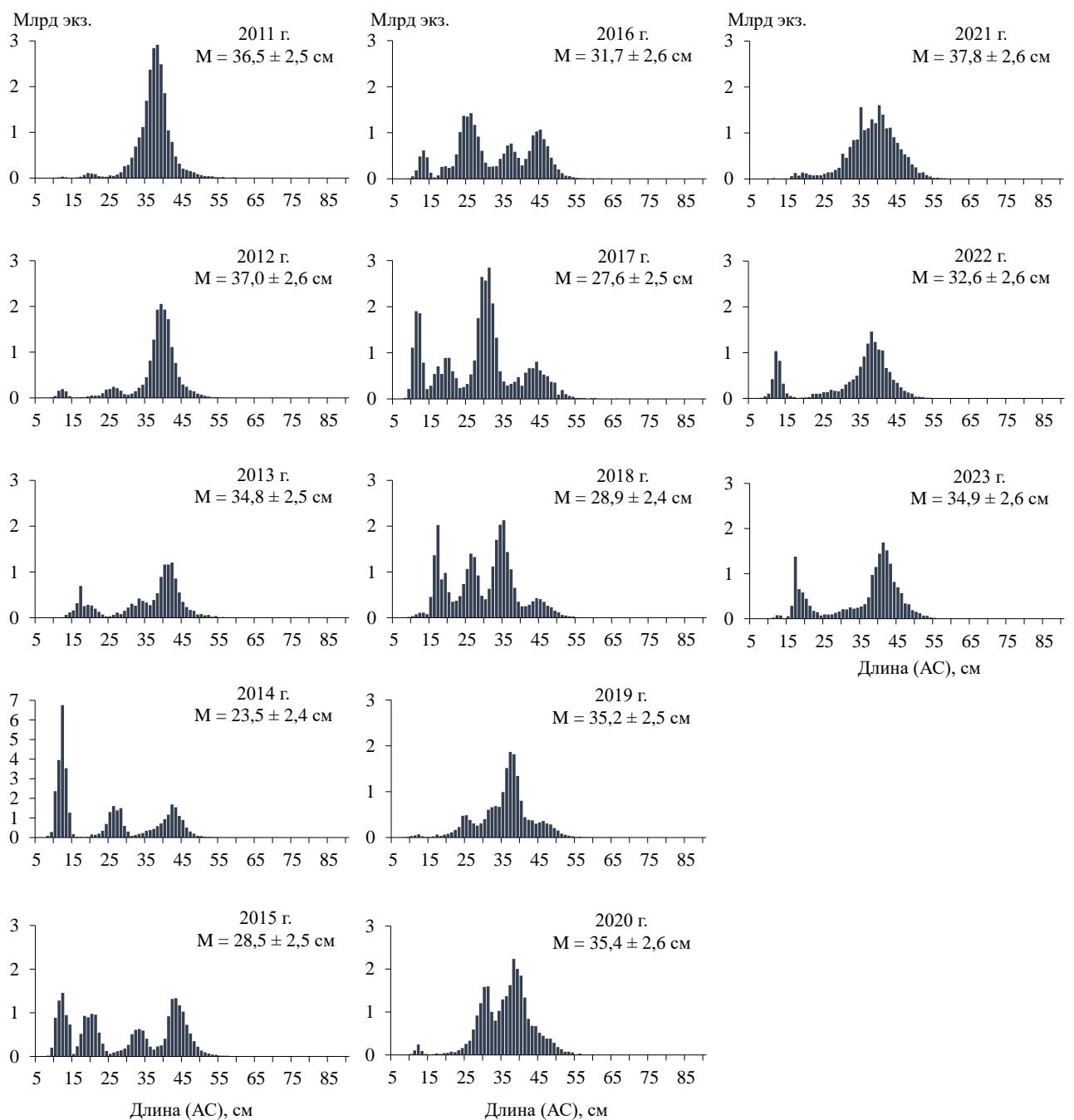


Рисунок 4.7 – Размерный состав минтая в северо-западной части Охотского моря

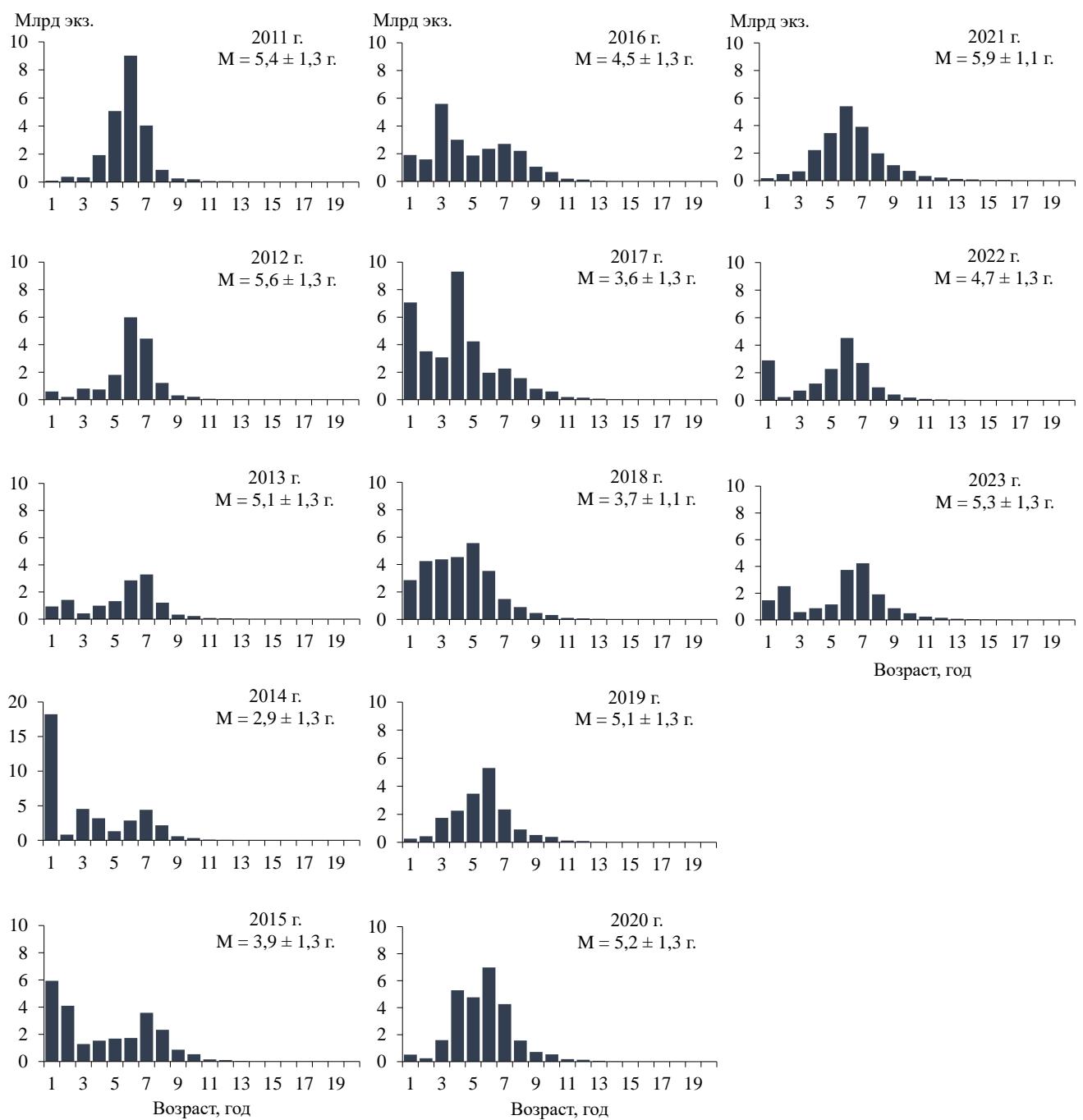


Рисунок 4.8 – Возрастной состав митя в северо-западной части Охотского моря

Однако, в отличие от северо-восточной части, размерно-возрастная структура запаса в северо-западной части имела упрощенный вид до 2014 г. Доминировали особи размерной группы 37–47 см, которую от 56,4 до 80,7% составляли урожайные поколения 2004–2006 гг. Численность дальнего пополнения нерестового запаса в возрасте от 1 до 3 лет была незначительной – 3,7–20,1%.

С 2014 по 2020 гг., когда в водах северо-западной части было учтено 18,2 млрд экз. (47,2% от общего запаса) годовиков поколения 2013 г., уровень которого оценен как сверхурожайный, наблюдалась полимодальная структура запаса. Однако к концу десятилетия количество модальных групп, включающих особей ближнего пополнения длиной 30–35 см и нерестового запаса длиной 40–45 см, сократилось. В 2021 г. размерно-возрастная структура вновь была одномодальной. В 2022 и 2023 гг. в запасе выделялись одно- и двухгодовики среднеурожайного поколения 2021 г.

Помимо сверхурожайного поколения 2013 г. численностью выделялись особи 2014 и 2016 г.р. Уровень которых в возрасте 1 года оценен как сверхурожайный, но к возрасту ближнего пополнения снизился до неурожайного. В совокупности особи этих трех возрастных генераций, а также рыбы, частично мигрировавшие из вод западной Камчатки в район возвышенности Лебедя, являлись основой нерестового запаса во второй половине 2010-х гг.

На протяжении рассматриваемого периода в северо-западной части моря средняя доля младшевозрастного минтая (1–3 года), относящегося к дальнему пополнению, составляла 26,0%, средневозрастного (4–5 лет), относящегося к ближнему пополнению – 24,1%, а старшевозрастного (6 и старше лет) составляющего основу нерестового запаса – 49,9% (таблица 8).

В северной части Охотского моря межгодовая динамика размерно-возрастного состава минтая в 2011–2023 гг. зависела от динамики запаса в отдельных районах воспроизводства и нагула, от появления в них высокоурожайных поколений минтая, их полового созревания и вступления в нерестовую часть запаса, а также от уровня численности поколений минтая, появившихся во второй половине 2000-х гг.

С 2011 по 2013 гг. в общем размерно-возрастном составе по численности превалировали особи нерестовой части запаса длиной 37–47 см и возрастом 5–8 лет, появившиеся во второй половине 2000-х гг. и составлявшие 50,2–67,4% от общего запаса (рисунок 4.9, 4.10, приложение 3).

Особи поколения 2011 г.р. составляли основу дальнего и ближнего пополнения нерестового запаса вплоть до второй половины десятилетия. Уровень численности этого поколения в возрасте одного года был определен, как сверхурожайный (таблица 7). Однако к возрасту 3–4 г. численность его сократилась в 1,6 раза, а уровень понизился до среднеурожайного.

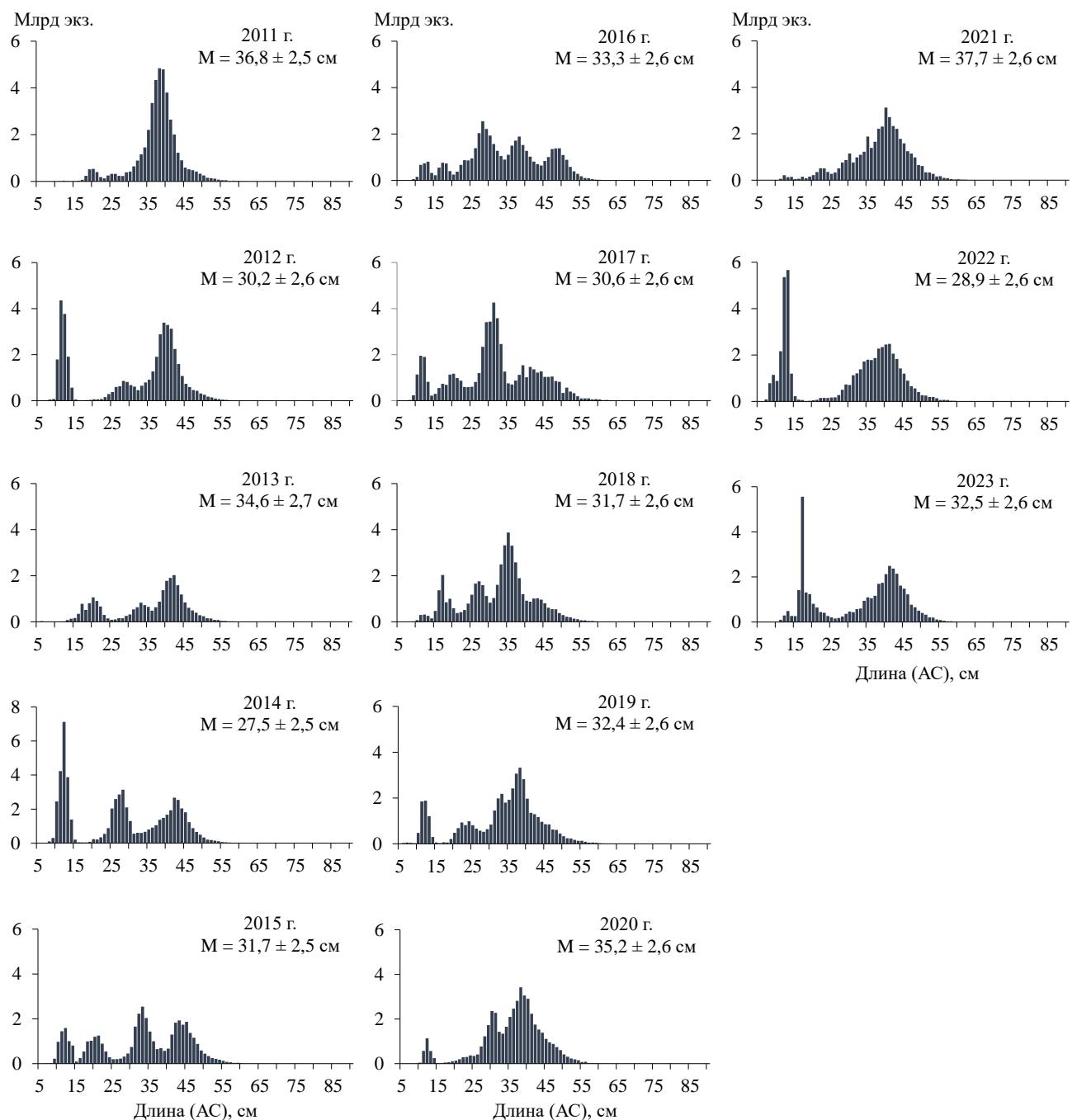


Рисунок 4.9 – Размерный состав минтая в северной части Охотского моря

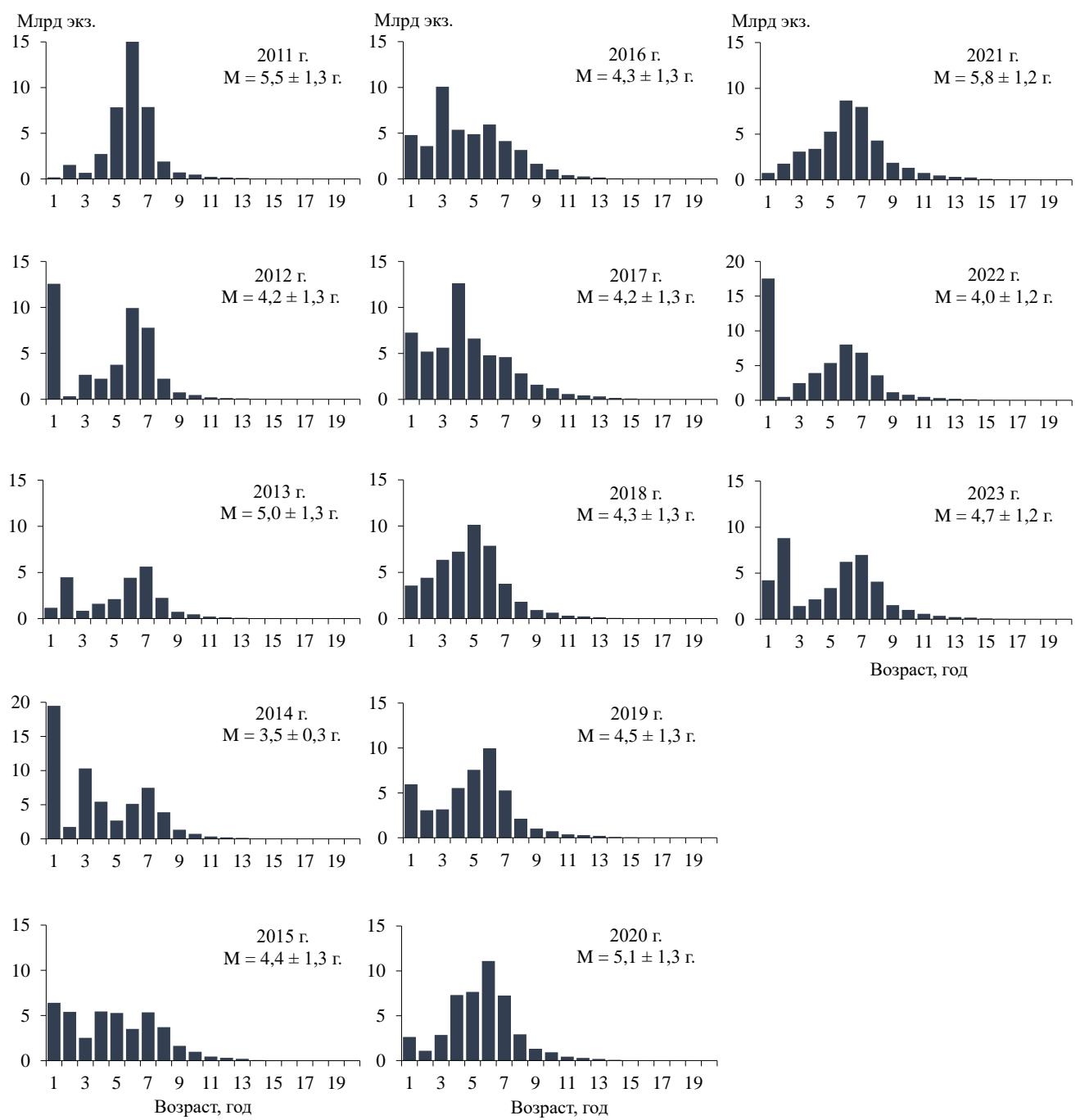


Рисунок 4.10 – Возрастной состав минтая в северной части Охотского моря

В 2013 г. появилось очередное многочисленное поколение, уровень урожайности которого в годовалом возрасте был аналогичен поколению 2011 г. Однако по численности особи 2013 г.р. превосходили поколение 2011 г. в 1,5 раза. К началу созревания и вступлению в состав ближнего пополнения численность поколения 2013 г. снизилась в 1,7 раза, но осталось сверхурожайным (таблица 7).

Помимо упомянутых поколений в период с 2014 по 2019 гг. появились также одно среднеурожайное (2019 г.), два урожайных (2015 и 2017 гг.) и три

сверхурожайных (2014, 2016 и 2018 гг.), оцененных таковыми в возрасте одного года. Однако средняя численность в возрасте 3–4 лет генераций 2014–2016 гг. соответствовала среднеурожайному уровню, а 2017–2019 г.р. – неурожайному. В 2020 г. появилось самое низкое по численности поколение за рассматриваемый период, которое в возрасте одного года относилось к неурожайным. Также в начале 2020-х гг. в северной части моря отмечено очередное сверхурожайное поколение – 2021 г.р. и одно урожайное – 2022 г.р. Оценка урожайности генераций 2020–2022 г.р. в возрасте ближнего пополнения нерестового запаса будет известна до конца первой половины 2020-х гг.

Стоит отметить, что суммарная численность трех сверхурожайных поколений 2011, 2013 и 2021 гг. в годовом возрасте была выше общей численностей всех остальных поколений минтая (36,4 млрд экз.), появившихся с 2011 по 2022 гг., и составляла 49,6 млрд экз.

Последовательное появление в 2013–2018 гг. поколений минтая различной численности привело к усложнению размерной структуры общего запаса. Количество модальных групп варьировало от 2 до 4 (рисунок 4.9, 4.10).

В конце 2010-х и начале 2020-х гг. размерно-возрастная структура запаса упростилась. Превалировали особи ближнего пополнения нерестового запаса и половозрелые особи длиной 30–45 см (2019 г. – 61,0% и 2020 г. – 66,5%) возрастом от 4 до 8 лет. Однако появление сверхурожайного поколения в 2021 г. вновь привело к формированию бимодальной размерной структуры. Так в 2022 г. превалировали размерные группы 8–14 см (33,3%) и 34–45 см (45,0%) возрастом 1 и 5–7 лет, а в 2023 г. – длиной 16–20 см (25,0%) и 37–46 см (43,6%) возрастом 2 и 5–7 лет, соответственно.

На протяжении рассматриваемого периода в северной части моря средняя доля младшевозрастного минтая (1–3 года), относящегося к дальнему пополнению, составляла 30,0%, средневозрастного (4–5 лет), относящегося к ближнему пополнению – 23,4%, а старшевозрастного (6 и старше лет) составляющего основу нерестового и промыслового запасов – 46,5% (таблица 8).

В зависимости от появления многочисленных поколений минтая в северо-восточной и северо-западной частях моря изменялось соотношение неполовозрелой и половозрелой частей общего запаса. В северо-восточной части моря (воды западной Камчатки и зал. Шелихова) в 2011–2023 гг. в 9-ти случаях из 13 по численности преобладали неполовозрелые особи, доли которых варьировали от 27,5–78,7% при среднем значении – 58,6% (таблица 9). Половозрелый минтай имел значительное численное превосходство (72,5%) над неполовозрелой частью запаса в 2011 и 2021 гг., средняя доля которого за весь период не превышала 42%.

Таблица 9 – Соотношение численности неполовозрелого и половозрелого минтая в Охотском море, %

Год	Северо-восточная часть		Северо-западная часть		Северная часть Охотского моря	
	Неполовозре- лые	Половозре- лые	Неполовозре- лые	Половозре- лые	Неполовозре- лые	Половозре- лые
2011	27,5	72,5	45,1	54,9	37,5	62,5
2012	68,8	31,2	20,9	79,1	50,5	49,5
2013	47,0	53,0	39,0	61,0	42,6	57,4
2014	68,0	32,0	76,3	23,7	73,4	26,6
2015	69,8	30,2	51,6	48,4	59,3	40,7
2016	78,7	21,3	70,2	29,8	74,4	25,6
2017	61,9	38,1	80,3	19,7	73,8	26,2
2018	59,7	40,3	79,9	20,1	71,8	28,2
2019	62,1	37,9	47,2	52,8	56,2	43,8
2020	52,3	47,7	48,7	51,3	50,2	49,8
2021	35,5	64,5	39,5	60,5	37,6	62,4
2022	64,7	35,3	38,8	61,2	56,5	43,5
2023	65,2	34,8	37,6	62,4	52,9	47,1
Среднее	58,6	41,4	51,9	48,1	56,7	43,3

В северо-западной части моря отмечено всего 5 случаев численного превосходства (более 50%) неполовозрелых особей над половозрелыми (таблица 9). Средняя доля неполовозрелого минтая незначительно отличалась таковой в северо-восточной части и составляла 51,9%. Заметное преобладание половозрелых особей наблюдалось в начале 2010-х и 2020-х гг. (2012, 2013 и 2021–2023 гг.), образованное поколениями середины 2000-х и 2010-х гг.

Общее соотношение неполовозрелой и половозрелой частей запаса минтая в северной части Охотского моря несколько отличалась от таковых в северо-восточной и северо-западной частях. Однако некоторая схожесть в соотношении прослеживалась для северо-западной части и для всего полигона исследований. Значительное преобладание неполовозрелого минтая отмечено в 2014, 2016–2018 гг., варьировавшее от 71,8 до 74,4% (таблица 9). Уровень половозрелой части запаса был выше в 2011, 2013 и 2021 гг., хотя данное преобладание было не столь значительным и варьировало от 57,4 до 62,5%.

#### **4.3 Динамика размерно-возрастного состава минтая в промысловых уловах**

Структура размерно-возрастного состава минтая в промысловых уловах является индикатором состояния его запаса. Для расчета общего и промыслового запасов в когортных моделях используются данные о количественных характеристиках вылова рыб по годам и возрастам (Ильин и др., 2014, 2016; Варкентин и др., 2021). Исследованию размерно-возрастной структуры североохотоморского минтая в промысловых уловах посвящено множество работ (Фадеев, 2001, 2008; Фадеев, Овсянников, 2001; Смирнов, Вакатов, 2010; Варкентин, Сергеева, 2017; Варкентин, Коломейцев, 2018, 2020 и др.). Однако информация, содержащаяся в них, касается отдельных районов или промысловых подзон Охотского моря, либо краткосрочных периодов. В данной главе приведен анализ межгодовой динамики размерно-возрастного состава минтая в промысловых уловах за более чем двадцатилетний период, позволивший оценить

соотношение различных по численности поколений в уловах, а также влияние промысла на состояние общего запаса минтая в северной части Охотского моря.

*Северо-Охотоморская подзона (61.05.1).* Общий размерный состав минтая в траловых уловах находился в пределах 10–85 см, возраст которого варьировал от 1 до 23 лет (рисунок 4.11). Доминирующую размерную группу составлял минтай длиной 38–47 см (65,2%), возрастом 6–8 лет (64,6%).

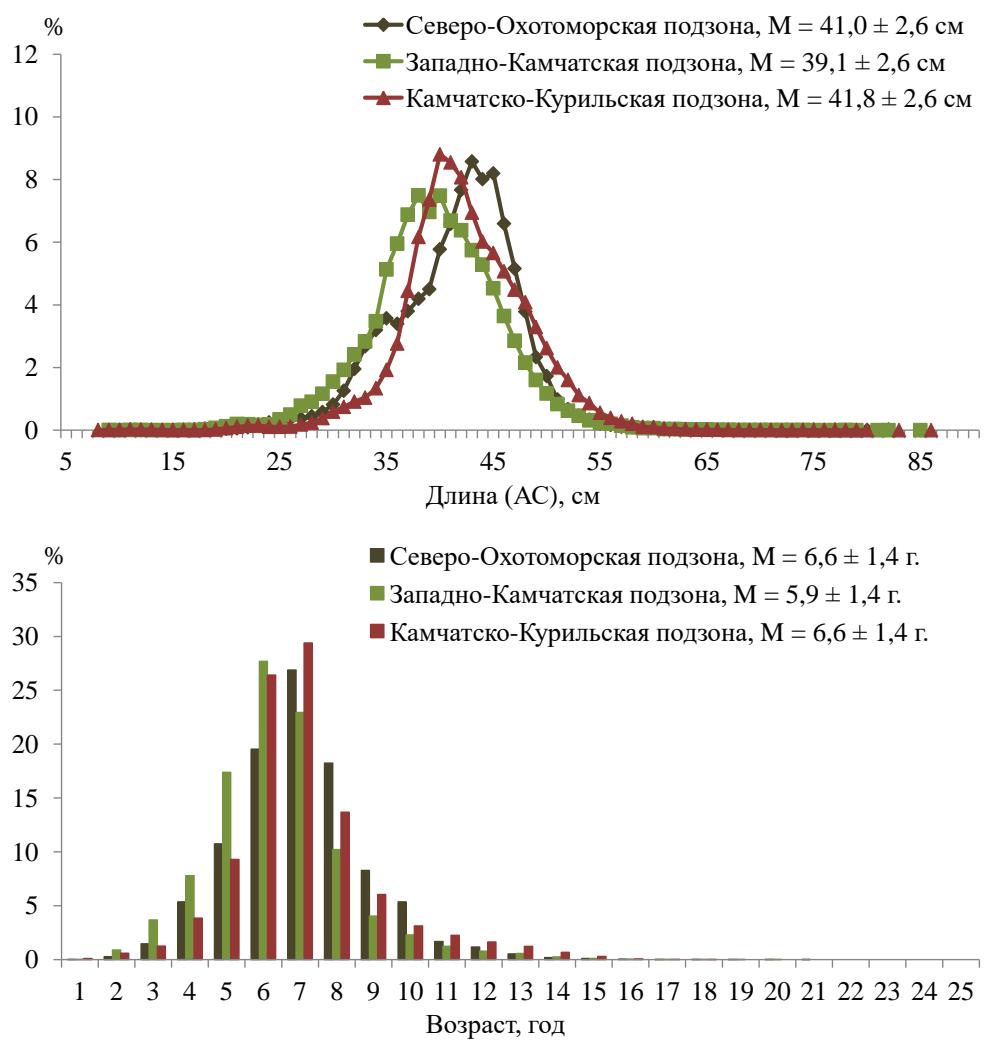


Рисунок 4.11 – Размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах в северной части Охотского моря (сезон «А») в среднем за 2001–2021 гг.

Размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах первой половины 2000-х гг. характеризовался меньшими предельными, модальными и средними значениями длины и возраста за весь рассматриваемый период. В 2001–2005 гг. средняя длина минтая в уловах варьировала от 37,8 (2002 г.) до 43,3 (2005

г.) см, (средний возраст 5,7–7,2 г.) (рисунок 4.12, 4.13). Основу уловов составляли особи размерной группы 34–41 см (58,0%), возрастом 7–8 лет (59,6%).

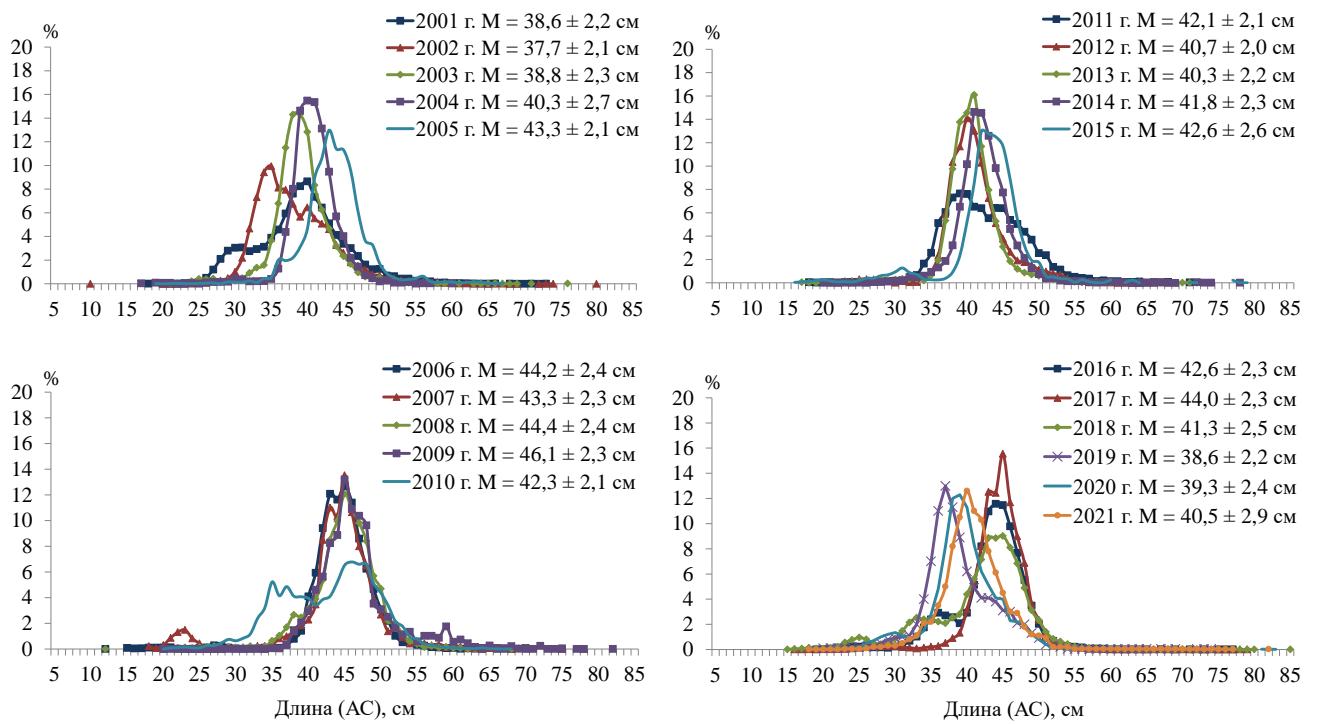


Рисунок 4.12 – Размерный состав минтая в промысловых уловах в Северо-Охотоморской подзоне (сезон «А»)

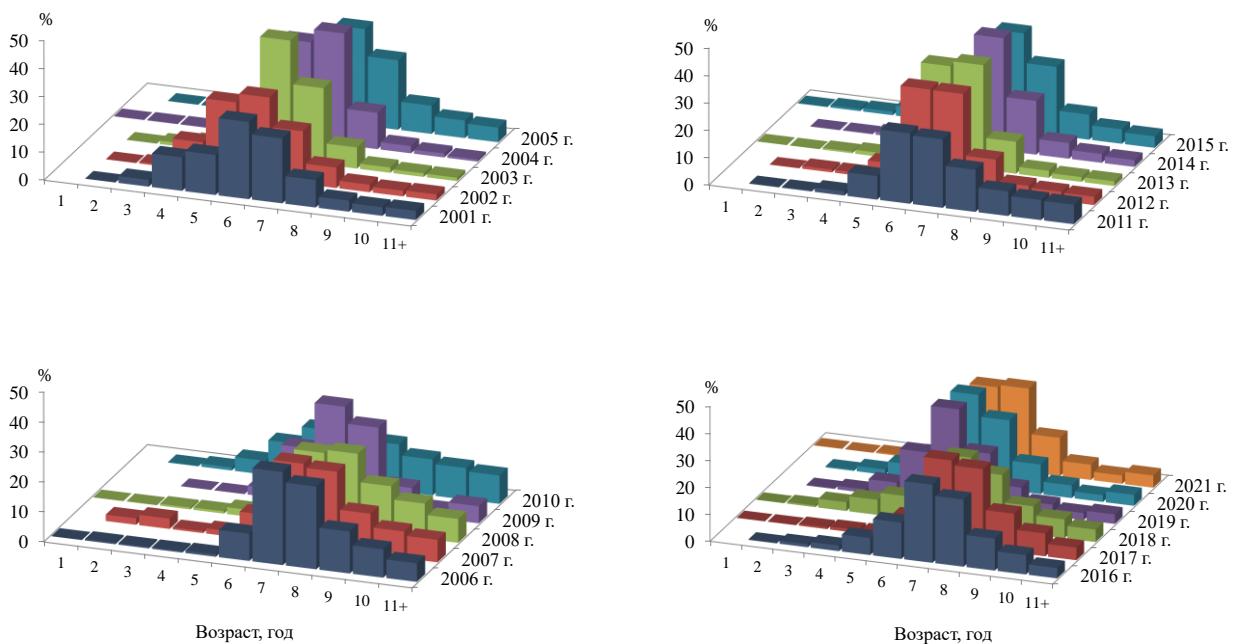


Рисунок 4.13 – Возрастной состав минтая в промысловых уловах в Северо-Охотоморской подзоне (сезон «А»)

Стоит отметить, что в 2002 г. в уловах наблюдался мелкоразмерный минтай, модальную группу составляли особи длиной 33–38 см (49,5%) и возрастом 4–6 лет. В 2003 и 2004 гг. наблюдался схожий размерно-возрастной состав минтая, когда в уловах исключительно доминировали особи длиной 37–42 см (61,3–58,6%) и возрастом 6–7 лет (70,4–75,5%). В 2005 г. основу размерно-возрастной структуры составляли старшевозрастные рыбы. В модальную группу входили особи 41–46 см (64,8%), возрастных классов 7–8 лет (59,6%).

На протяжении второй половины 2000-х гг. размерная структура минтая преимущественно продолжала оставаться одномодальной в диапазоне длин от 42 до 48 см (59,6–65,8%). Исключением стал 2010 г., когда размерный состав был сформирован двумя модальными группами, состоящими из мелко- (22,4%), средне- и крупноразмерных (36,8%) рыб. Вследствие чего в возрастном составе уловов отмечено 6 классов с долей более 10%, среди которых 50,4% составляли 6–8 годовики поколений 2001–2004 гг.

С 2005 по 2010 гг. заметно возросла доля минтая возрастом старше 9 лет, достигшая 35,8% в 2008 г. По нашему мнению, это произошло за счёт «старения» промыслового запаса и незначительным его пополнением пятигодовыми особями, составлявшими в уловах в среднем около 2%.

Динамика размерно-возрастной структуры минтая в промысловых уловах во втором десятилетии тесно связана с вступлением в промысловый запас особей сверхурожайных поколений 2004 и 2005 гг., и среднеурожайного 2013 г., а также с селективностью промысла пелагическими тралами различных конструктивных модификаций, позволяющих как снизить прилов мелкоразмерных особей – в случае использования тралов отечественных производителей, так и увеличить – в случае применения типов тралов «западных» проектов (Варкентин и др., 2021; Варкентин, 2023; Шейбак и др., 2022, 2023).

В 2011 г. структура размерно-возрастного состава отличалась от таковых в последующие промысловые сезоны «А». Основу уловов составлял минтай более 10 размерных классов от 36 до 46 см, вклад каждого варьировал от 5,0 до 7,6%, в

сумме – 75,3%. Соответственно возрастной состав был сформирован особями от 5 до 10 лет, с преобладанием 6–7 годовиков поколений 2004–2005 гг. (50,6%).

С 2012 по 2018 гг. основу уловов складывали особи незначительного количества размерных классов в диапазоне от 38 до 46 см, с постепенным увеличением средних размеров к концу рассматриваемого периода. С 2016 по 2018 гг. накопленные частоты доминирующих размеров совпадали и находились в пределах 43–46 см, составляя 34,8–52,2%.

Основу возрастного состава на протяжении 2012–2014 гг. составлял минтай четырех возрастных классов – 6–9 лет (81,4–86,0%). Начиная с 2015 г. за счет вступления в промысловый запас пятигодовиков неурожайного поколения 2011 г. и среднеурожайного – 2013 г. количество доминирующих возрастов увеличилось до пяти – 5–9 лет (70,6–82,2%). Во второй половине 2010-х гг. суммарный вклад в улов сверхурожайных поколений 2004 и 2005 гг. не имел существенного значения, снижаясь с 3,2% в 2016 г. до 0,8% в 2018 г.

В 2016–2018 гг. в уловах заметно возросло количество старшевозрастного минтая (9 лет и старше), суммарная доля которого составляла 22,9% (2016 г.), 27,6% (2017 г.) и 22,0% (2018 г.).

С 2019 по 2021 гг. отмечалось смещение модальных размерно-возрастных групп в левую часть ряда на более мелкие размеры и младшие возраста.

*Западно-Камчатская подзона (61.05.2).* Общий размерный состав минтая в промысловых уловах находился в пределах 9–85 см, включающий особей возрастом от 1 до 20 лет (рисунок 4.11). Доминирующую размерную группу составлял минтай длиной 35–44 см (64,0%), возрастом 5–7 лет (68,0%).

Структура размерного состава в большинстве рассматриваемых лет была одномодальной (рисунок 4.14). Однако в 2003–2004, 2013–2014 и 2017 гг. в размерном составе уловов была заметна доля мелкоразмерного минтая длиной 25–35 см, варьировавшая от 16,1% (2014 г.) до 30,1% (2003 г.). С 2001 по 2007 гг. прослеживается постепенное смещение модальных групп от мелкоразмерных к среднеразмерным особям. Так в 2001 г. модальную группу составлял минтай

размерами 36–42 см (61,7%), а в 2007 г. уже более крупные особи – 42–47 см (61,0%).

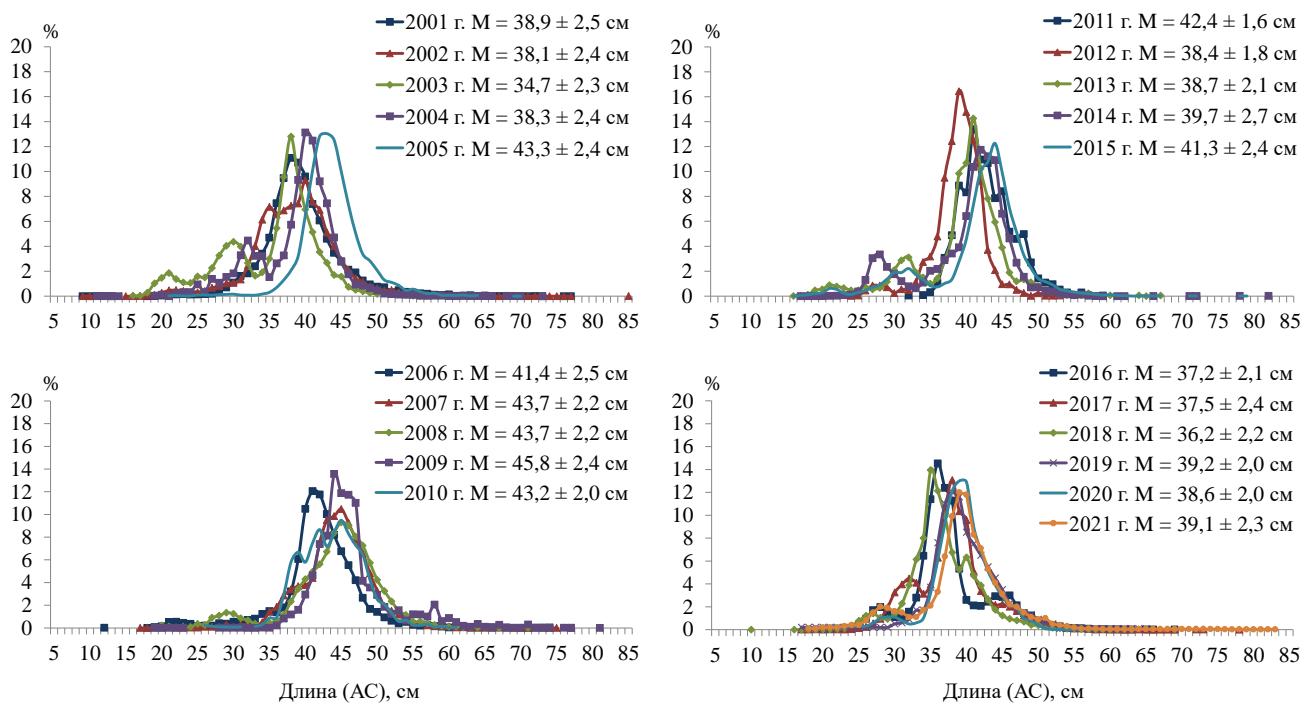


Рисунок 4.14 – Размерный состав мятая в промысловых уловах в Западно-Камчатской подзоне (сезон «А»)

С 2007 по 2010 гг. структура размерного состава характеризовалась относительно схожими модальными группами – 41–48 см, средняя доля которой составляла 60,4%. В 2011 и 2012 гг. модальная группа вновь сместились к уровню 2001–2002 гг. (36–42 см), с последующим увеличением до 41–46 см в 2015 г. С 2016 по 2021 гг. основу уловов вновь составлял среднеразмерный мятай длиной 34–41 см, средняя доля которого составляла 42,1%.

Особенности межгодовой динамики модальных размерных групп отразились в динамике структуры возрастного состава. С 2001 по 2004 гг. основу вылова формировали три возрастных класса – 5–7 годовики, среди которых заметно выделялись 6-ти годовики, доля которых в среднем составляла 31% (рисунок 4.15).

С 2005 по 2011 гг. наблюдается смещение модальных классов на 6–8 годовиков, с доминированием 7 годовиков (в среднем 32%). Последующие три

года (2012–2015 гг.) более 50% уловов составляли два возрастных класса – 6 и 7 лет. В 2015 г. вновь прослеживается увеличение доли старшевозрастных особей, из которых на семигодовиков приходилось 32,5%. Во второй половине 2010-х гг. и начале 2020-х гг. отмечалось омоложение возрастного состава минтая, что привело к доминированию особей возрастом 5–6 лет, средняя доля которых в среднем составляла 58,4%.

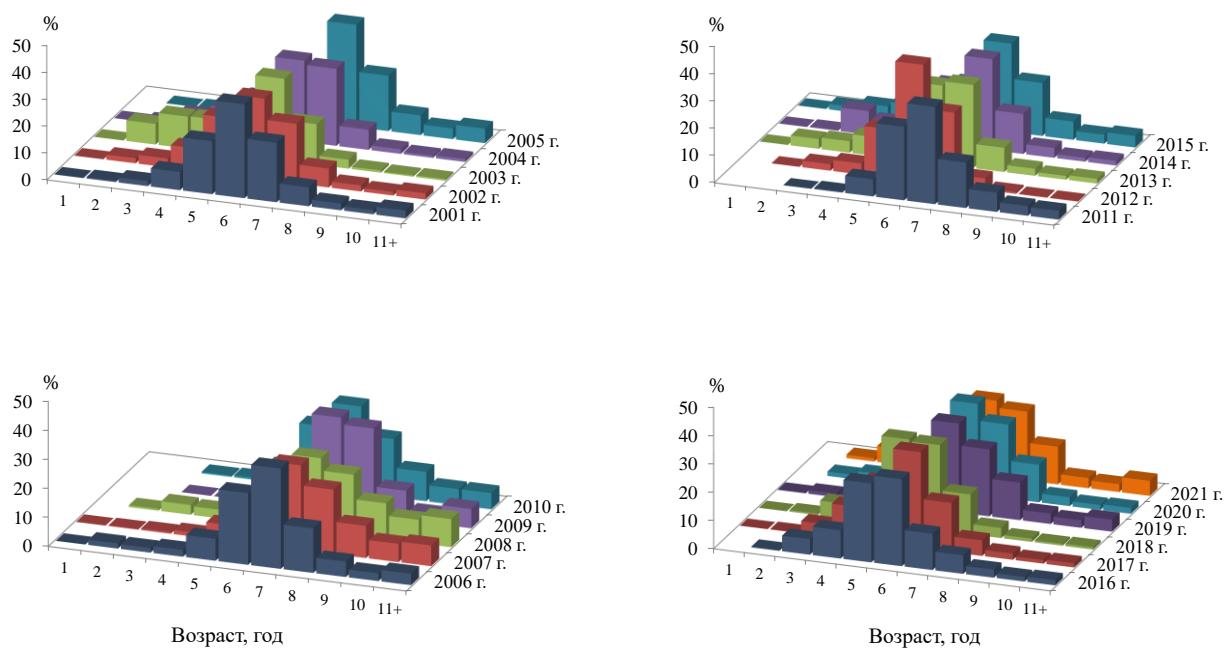


Рисунок 4.15 – Возрастной состав минтая в промысловых уловах в Западно-Камчатской подзоне (сезон «А»)

Отмечена значительная межгодовая вариация средней длины и возраста, с общим увеличением до максимальных значений в период 2000-х гг. – 45,8 см (2009 г.) и 7,7 лет (2008 г.), и последующим снижением до 36,2 см (5,1 лет) в 2018 г. Стоит отметить, что количество лет, когда значение средней длины не превышало 40 см, составляло более половины от рассматриваемого периода (2001–2004, 2012–2014 и 2016–2018 гг.). Уловы минтая с наименьшими размерно-возрастными характеристиками приходились на 2003 г.

*Камчатско-Курильская подзона (61.05.4).* В рассматриваемый период размерно-возрастной состав уловов складывали особи длиной 8–86 см и

возрастом от 1 до 18 лет (рисунок 4.11). Доминирующую размерную группу составляли рыбы длиной 38–45 см (57,6%) и возрастом 5–8 лет (78,8%).

Межгодовая динамика размерного состава имела отличительные черты, включающие смещение доминирующей группы особей в сторону больших размеров – с 38–43 см (65,0%) в 2001 г. до 45–50 см (52,7%) в 2008 г. (рисунок 4.16). С 2009 по 2014 гг. наблюдалась вариация крайних значений длин модальных групп минтая в общем диапазоне от 39 до 49 см. В 2015 г. в Камчатско-Курильской подзоне основу уловов составлял минтай модальной группы 36–39 см (67,9%), что за рассматриваемый период является минимальным значением. С 2016 по 2021 гг. наблюдалась схожесть модальных групп с общим диапазоном длин 38–43 см.

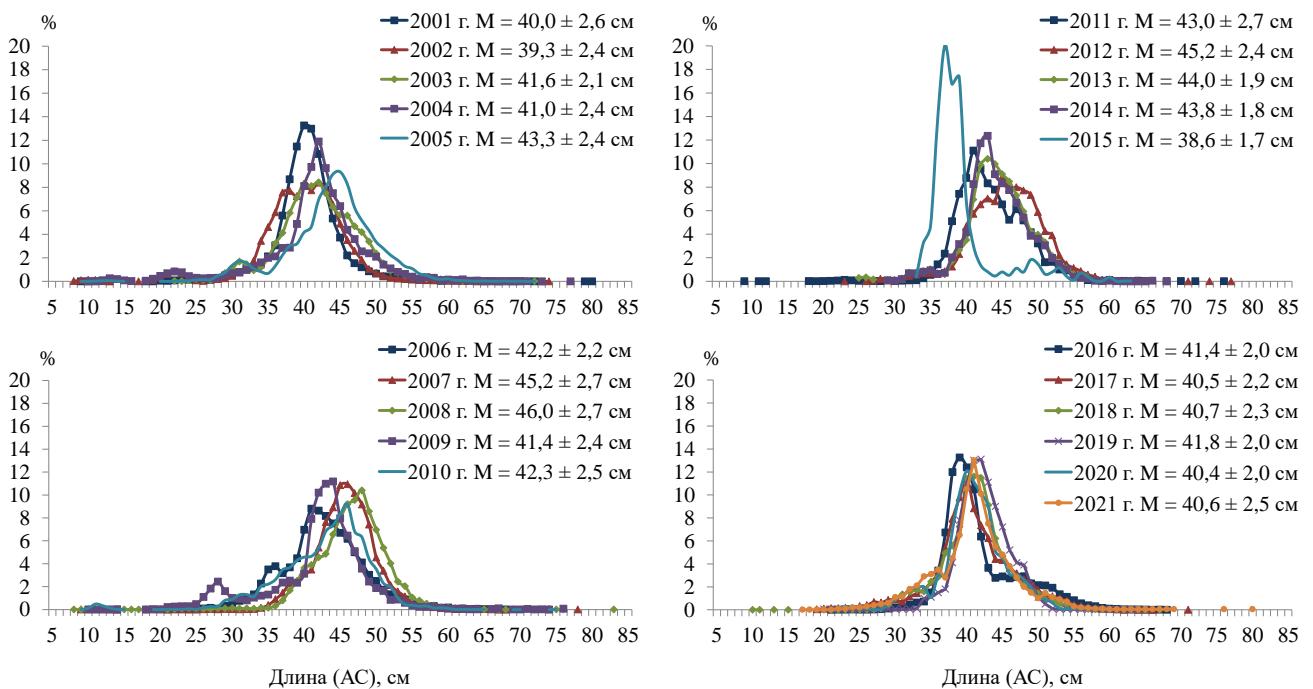


Рисунок 4.16 – Размерный состав минтая в промысловых уловах в Камчатско-Курильской подзоне (сезон «А»)

Возрастная структура уловов в большинстве лет не претерпевала значительных изменений. В разные годы основу уловов составляли 3–4 возрастных класса (рисунок 4.17). При этом доминировали, как правило, 6–7 или 7–8 годовики. В 2015 г. основу уловов формировали средневозрастные классы –

4–6 годовики, среди которых доля пяти- и шестигодовалого минтая составляла 74,2%.

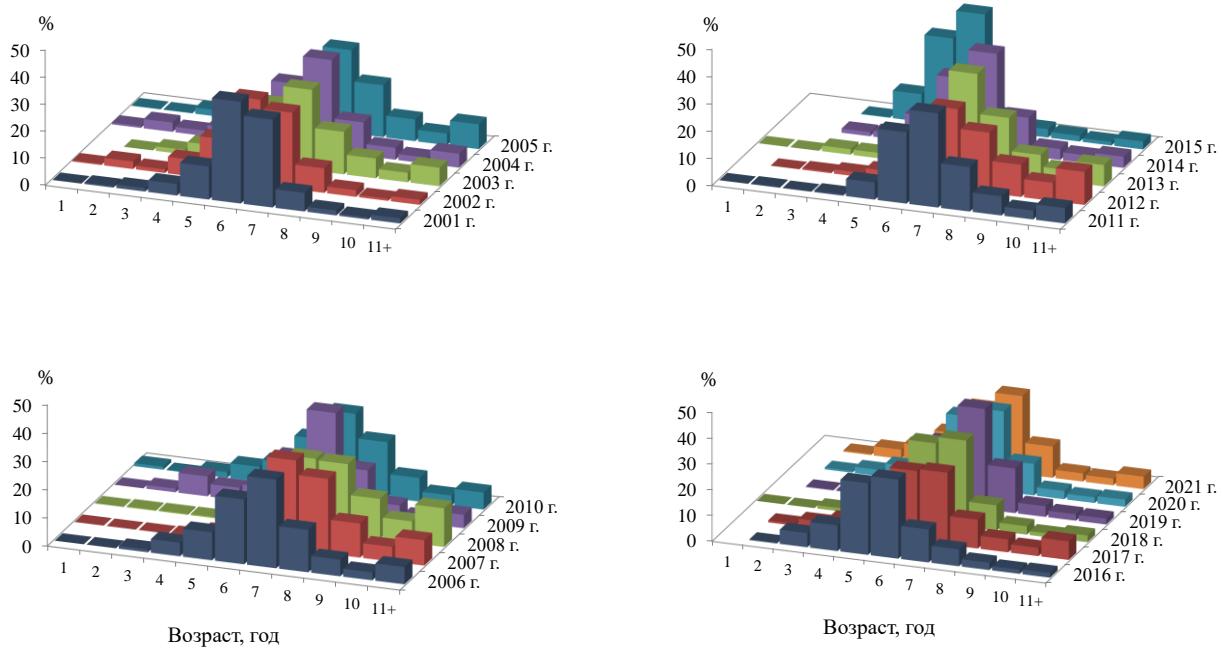


Рисунок 4.17 – Возрастной состав минтая в промысловых уловах в Камчатско-Курильской подзоне (сезон «А»)

Анализ межгодовой динамики доли минтая непромыслового размера ( $AD < 35$  см) в уловах в Северо-Охотоморской и Западно-Камчатской подзонах указывает на наличие двух периодов с высокими значениями этого промыслового показателя, приходящихся на первую половину 2000-х и вторую половину 2010-х гг. (рисунок 4.18).

В Северо-Охотоморской подзоне превышение разрешенного прилова в 20% наблюдалось в 2001–2003, 2010 и 2018–2020 гг. Для Западно-Камчатской подзоны количество лет с превышением величины разрешенного прилова, было значительно больше – 2001–2004, 2012–2014 и 2016–2021 гг., что объясняется плотными скоплениями мелкоразмерного минтая в водах, прилегающих к северной оконечности п-ва Камчатка. В Камчатско-Курильской подзоне превышение разрешенной доли минтая непромысловой длины отмечено только в четырех случаях – 2002, 2015, 2017 и 2021 гг. При этом только в 2002 и 2015 гг.

превышение было значительным – 9,6 и 22,5%, в остальные годы не превышало 1%.



Рисунок 4.18 – Межгодовая динамика величины прилова минтая непромысловой длины в северной части Охотского моря (сезон «А»)

В целом прилов минтая непромыслового размера в северной части Охотского моря варьировал от 0,5% (2009 г.) до 63,5% (2018 г.), в среднем составляя в Северо-Охотоморской подзоне – 23,5%, в Западно-Камчатской – 34,8% и в Камчатско-Курильской – 15,5%.

Рассмотрим вклад в возрастную структуру промысловых уловов многочисленных поколений минтая второй половины 1990-х, середины 2000-х и первой половины 2010-х гг., соответствующих высоким уровням урожайности – среднеурожайный, урожайный и сверхурожайный.

В *Северо-Охотоморской подзоне* к таким поколениям в возрасте ближнего пополнения промыслового запаса относятся 1995 г.р. – урожайное, 1997 г.р. – урожайное, 2004 и 2005 г.р. – сверхурожайные и 2013 г.р. – среднеурожайное (Овсянников, 2009; Овсянников и др., 2013; Шейбак и др., 2022).

В начале 2000-х гг. высокие доли поколения 1995 г. отмечались в возрасте 6 (27,7%) и 7 (18,9%) лет, в последующие годы доля этого поколения в уловах была незначительная (приложение 4). Последующее многочисленное поколение 1997 г. было заметно в промысловых уловах более продолжительный период – 4 года.

Начиная с 2001 г. в возрасте четырех лет его доля составляла 12,0% с последующим увеличением до 43,0% в 2003 г. и снижением до 14,0% в 2006 г. Поколение 2004 г. на протяжении трех лет (2010–2012 гг.), начиная с шестигодовалого возраста, входило в основу уловов, при максимальном уровне в 2011 г. (25,0%). Следующее многочисленная генерация – 2005 г. проявила себя в уловах в пятигодовалом возрасте, доля которого составляла 11,7%. В возрасте 7 лет (2012 г.) данное поколение составляло уже 34,6% от уловов. Однако в следующем году его доля снизилась практически в три раза до уровня 2010 г. Уровни численности двух смежных поколений (2004 и 2005 г.) определены как сверхурожайные, однако высокая доля особей 2004 г.р. в уловах прослеживалась на протяжении трех лет, а особей 2005 г.р.– на протяжении четырех лет.

Доля минтая среднеурожайного поколения 2013 г. в пятигодовалом возрасте составляла 8,3%. В последующие 2019–2020 гг. изменение доли этого поколения в промысловых уловах имело сходные тенденции с предыдущими многочисленными генерациями.

В водах северо-восточной (Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская подзоны) и северо-западной (Северо-Охотоморская подзона) частей моря численности рассматриваемых поколений минтая различалась (Овсянников, 2009; Овсянников и др., 2013; Шейбак и др., 2022). Так в северо-западной части уровень урожайности поколения 2002 г. соответствовал неурожайному, а в северо-восточной оно определено как сверхурожайное. Также и уровень поколения 2011 г., явившегося в северо-западной части моря неурожайным, в северо-восточной части относилось к среднеурожайному.

В *Западно-Камчатской подзоне*, как и в Северо-Охотоморской, высокая доля особей 1997 г.р. в промысловых уловах наблюдалась на протяжении четырех лет. С 2002 по 2005 гг. его доля варьировала от 20,6% до 30,5%, при максимуме в 6-ти годовалом возрасте (приложение 5).

Несмотря на высокий уровень урожайности поколения 2002 г.р. в общем запасе, в промысловых уловах оно входило в доминирующие возрасты на протяжении только трех лет (2008–2010 гг.), с максимумом в 2009 г.–32,6%.

Смежные поколения середины 2000-х гг. (2004 и 2005 гг.) были многочисленны в уловах только в возрасте 6 и 7 лет. Высокие доли среднеурожайной генерации 2011 г. присущи возрастам 5–6 лет – 27,9% и 34,0%, соответственно.

В *Камчатско-Курильской подзоне* поколение 1997 г. доминировало в уловах на протяжении двух лет – в возрасте 6 (22,8%) и 7 (34,0%) лет (приложение 6), что является минимальным периодом для данной генерации в рассматриваемых промысловых подзонах. Несмотря на многочисленность последующих генераций 2000-х и 2010-х гг. поколения 2002, 2004 и 2013 гг. составляли основу уловов только на протяжении двух промысловых сезонов «А» в более старших возрастах – 7–8 лет, и только две генерации (2005 и 2011 гг.) на протяжении трех сезонов в возрастах 6–8 лет.

Для определения индивидуального вклада различных поколений в промысловые уловы проведен анализ их средних долей в возрасте от 5 до 8 лет и входивших в модальные возрастные группы в 2001–2021 гг. (таблица 10). Принимая во внимание, что разброс долей поколений в разном возрасте и в разных промысловых подзонах достаточно широк, к поколениям с высокой долей отнесли, имевших величину более 20%.

Общее количество таких поколений, появившихся с 1996 по 2013 гг. в северной части Охотского моря, составило 18. В Северо-Охотоморской и Западно-Камчатской подзонах отмечено по 8, в Камчатско-Курильской 10 поколений с долей в уловах более 20%, появившихся во второй половине 1990-х, середине 2000-х гг. и первой половине 2010-х гг.

В Северо-Охотоморской и Камчатско-Курильской подзонах отмечено наибольшее количество следующих друг за другом поколений с существенным вкладом. Так в Северо-Охотоморской подзоне такая последовательность наблюдалось с 2005 по 2008 гг., в Камчатско-Курильской – с 2009 по 2012 гг. В водах Западно-Камчатской подзоны количество таких поколений не превышало 3 – появившихся в конце 1990-х и первой половине 2010-х гг.

В свою очередь только поколение 1997 г. имело наибольший вклад в размерно-возрастной состав уловов во всех трех подзонах, при максимальном значении в Северо-Охотоморской подзоне – 33,6%.

Таблица 10 – Средняя доля минтая возрастных классов 5–8 лет в промысловых уловах в северной части Охотского моря в среднем за 2001–2021 гг., %

Поколение/ Подзона	Северо- Охотоморская	Западно- Камчатская	Камчатско- Курильская
1996 г.	<b>21,1</b>	18,1	<b>21,5</b>
1997 г.	<b>33,6</b>	<b>25,3</b>	<b>22,8</b>
1998 г.	<b>27,8</b>	<b>25,3</b>	19,2
1999 г.	19,2	<b>22,8</b>	<b>20,4</b>
2000 г.	16,3	19,6	<b>21,2</b>
2001 г.	15,4	19,8	16,0
2002 г.	15,3	17,8	17,1
2003 г.	13,2	16,1	16,2
2004 г.	14,4	16,1	<b>20,0</b>
2005 г.	<b>20,9</b>	17,2	<b>21,0</b>
2006 г.	<b>25,3</b>	<b>23,7</b>	17,1
2007 г.	<b>27,1</b>	<b>24,9</b>	14,4
2008 г.	<b>22,3</b>	18,1	10,9
2009 г.	18,6	10,6	<b>22,0</b>
2010 г.	17,0	14,5	<b>27,0</b>
2011 г.	12,4	<b>22,3</b>	<b>22,6</b>
2012 г.	11,6	<b>22,2</b>	<b>23,0</b>
2013 г.	<b>20,9</b>	<b>25,4</b>	19,7

#### **4.4 Особенности полового созревания и динамика стадий зрелости гонад минтая в зимне-весенний период**

Изучение *полового созревания* минтая и динамики соотношения неполовозрелой и половозрелой частей запаса является одной из важных задач в изучении популяционных признаков (Фадеев, 2008).

В литературе имеется незначительное количество работ, посвященных изучению процесса полового созревания минтая в Охотском море на основе

многолетних рядов данных, охватывающих, как минимум одно десятилетие. К таким работам можно отнести исследования, проведенные Н.С. Фадеевым и М.М. Раклистой (2003) и А.И. Варкентина (2011), в совокупности охватывающих период с 1984 по 2008 гг.

Знания о половом созревании минтая позволяют проводить оценку его запасов, как ихтиопланктонным методом, так и с помощью когортных моделей.

В ходе выполнения весенних комплексных съемок в Охотском море исследованиями охватывается практически весь ареал североохотоморского минтая, кроме центральной глубоководной части. Однако в этот период половозрелые особи концентрируются в местах расположения нерестилищ, а неполовозрелые еще не совершают продолжительных миграций и находятся в северной части моря (Шунтов и др., 1993). Соответственно собранные в весенний период данные охватывают все функциональные группы североохотоморской популяции минтая.

В данном разделе приведены результаты исследований в 2011–2023 гг., заключавшихся в выявлении некоторых особенностей созревания минтая, обитающего в северной части Охотского моря.

В рассматриваемый период в северо-восточной части моря, массовое созревание ( $T_{50\%}$ ) самцов наступало при длинах 36 (2011 г.) – 40 (2016 г.) см (рисунок 4.19). В свою очередь самки в этой части моря созревали при практически одинаковых размерах с самцами – 37 (2021 г.) и 42 (2016 г.) см. При средней длине 40,6 см – у самцов и 42,3 см – у самок становилось половозрелыми 90% особей ( $T_{90\%}$ ).

В северо-западной части моря диапазон предельных длин массового созревания самцов составлял 35 (2011 г.) – 40 (2016 г.) см, что сопоставимо с аналогичным показателями в северо-восточной части. Динамика созревания самок в северо-западной части отличалась от таковой в северо-восточной. Предельные длины массового созревания приходились на вторую половину 2010-х гг. – 37 см (2019 г.) – 41 см (2016 г.). 90% самцов становилось половозрелыми при средней длине 40,0 см, самок – 41,7 см.

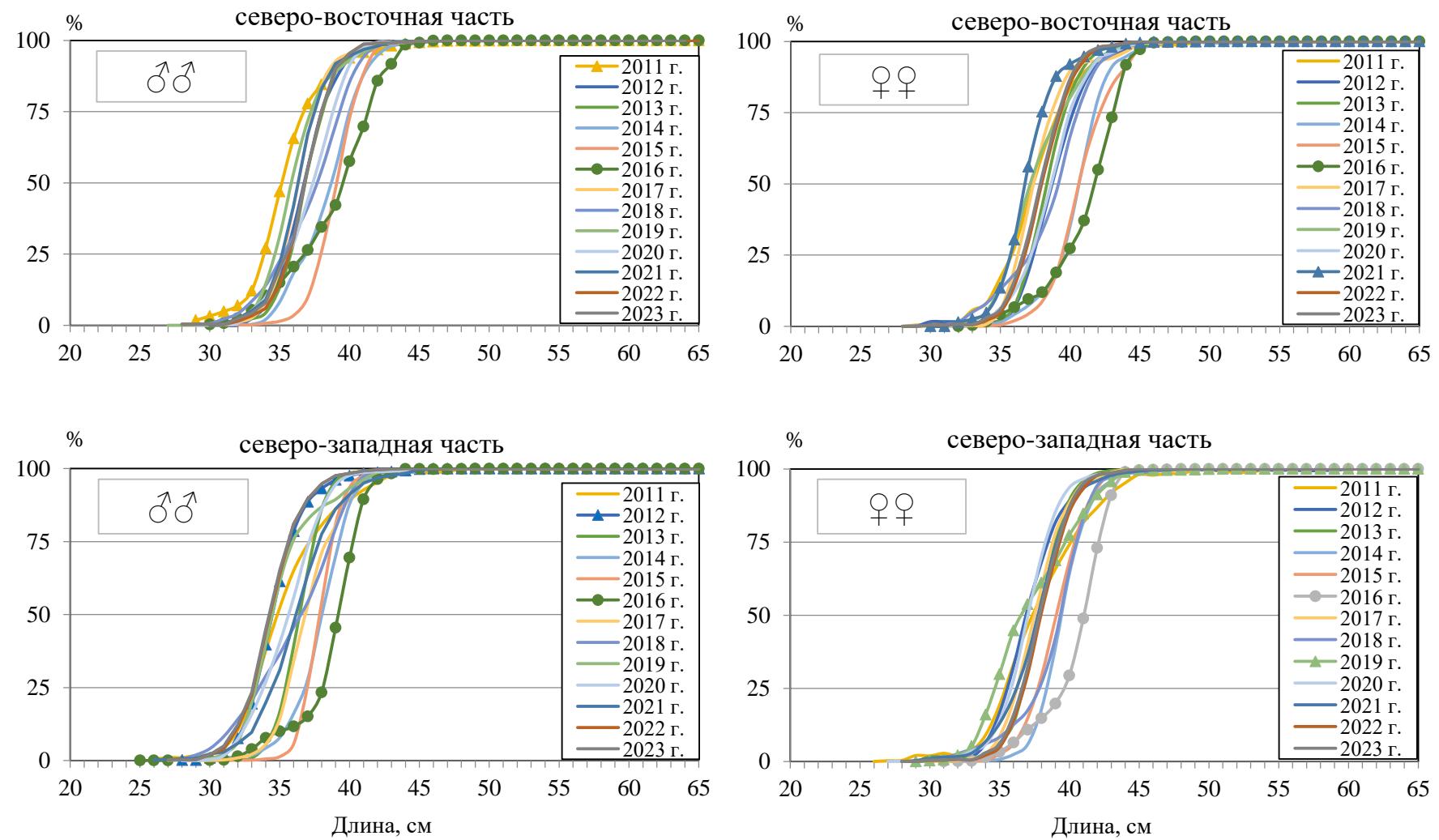


Рисунок 4.19 – Межгодовая динамика доли половозрелых самцов и самок минтая в размерных группах в северной части Охотского моря

Стоит отметить, что вариация предельных значений для каждого пола в различные годы не является существенной, разница составляет 1 см. Полученные результаты говорят о схожести предельных размеров массового созревания самцов и самок североохотоморского минтая в разных частях моря.

Возраст массового созревания самцов в северо-восточной части моря варьировал от 5 (2011 г.) до 7 (2016 г.) лет (рисунок 4.20). В северо-западной части созревание самцов по возрасту сопоставимо с северо-восточной и составляло 5 (2012 г.) и 7 (2016 г.) лет. В свою очередь возраст 50%-го созревания самок в северо-восточной части варьировал от 5 (2011 г.) до 7 (2016 г.) лет (рисунок 4.20). В северо-западной части эти показатели были сопоставимы с северо-восточной и составляли 5 (2012 г.) и 7 (2016 г.) лет.

Стоит отметить, что предельные значения массового созревания минтая по длине и возрасту, не всегда совпадали по годам. Такие различия отмечены в равной степени и для самцов, и для самок в северо-западной части моря.

Анализ осредненных данных, характеризующих динамику изменений длины и возраста полового созревания минтая за рассматриваемый период позволяет выявить более наглядные различия этого процесса у каждого из полов.

Данные, представленные в работе Н.С. Фадеева и М.М. Раклистой (2003), указывают на незначительные различия в темпах созревания особей минтая каждого пола, обитавшего в северо-восточной и северо-западной частях Охотского моря в 1984–1998 гг. Так самцы в обоих районах в среднем массово созревали, достигая длины 36 см. В свою очередь в северо-восточной части моря самки созревали при длине 39 см, в северо-западной – при 40 см. По мнению А.И. Варкентина (2011) в период 1998–2008 гг. в обеих частях моря массовое созревание самцов, аналогично предыдущему периоду, составляло порядка 36–37 см, а самок – 40–41 см. Сравнивая приведенные значения  $T_{50\%}$  можно говорить о схожести темпов созревания отдельно для каждого пола практически на протяжении 30 лет.

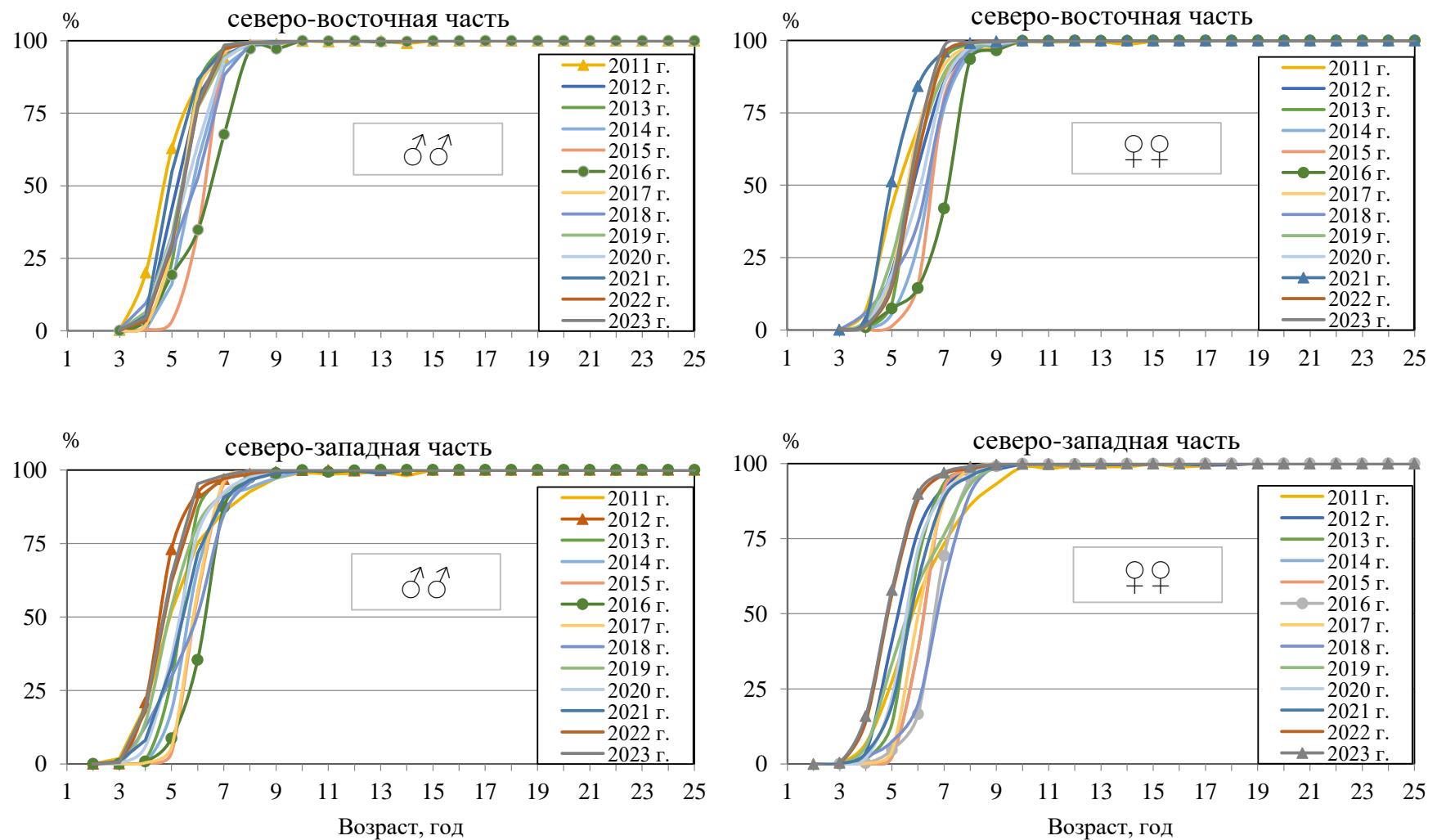


Рисунок 4.20 – Межгодовая динамика доли половозрелых самцов и самок минтая в возрастных группах в северной части Охотского моря

Проведенный нами анализ полового созревания минтая в 2011–2023 гг. показал, что размеры впервые созревающих самцов отличались незначительно, составляя в северо-восточной части 27 см и в северо-западной – 25 см (рисунок 4.21). При этом массово самцы созревали при длине 37 и 36 см, а 90% в обеих частях моря – при 40 см. Первые половозрелые самки отмечены в северо-западной части при длине 27 см, в северо-восточной – при 29 см (рисунок 4.21). В среднем самки массово созревали при достижении 38–39 см, а при длине 42 см полностью половозрелыми становилось 90 %.

Как видно из представленных данных в рассматриваемый период самцы и самки минтая, несколько раньше и интенсивнее созревали в северо-западной части моря. Так доля самцов в этой части, приходящаяся на длину 36 см, близкой к длине массового созревания, составляла 59,3%, в то же время в северо-восточной она достигала только 37,9%. Для самок отмечено схожее соотношение – в северо-восточной части при длине 38 см доля созревших составляла 46,0%, в северо-западной – 61,4%. Данное различие закономерно и объясняется наличием в северо-восточной части моря значительных скоплений неполовозрелого минтая, расположенных в выростной зоне между 57° и 58° с.ш. на восточных склонах впадины ТИНРО.

По данным Н.С. Фадеева и М.М. Раклистой (2003) и А.И. Варкентина (2011) разница в возрасте массового созревания между самцами и самками составляет один год – самцы созревают на шестом году жизни, самки – на седьмом. Однако анализ данных за 2011–2023 гг. указывает на отсутствие возрастных различий в созревании обоих полов минтая (рисунок 4.22). В силу разного темпа роста самцов и самок, линейные размеры (Буслов, 2005), при которых наступает массовая зрелость у обоих полов, различаются. Однако применение размерно-возрастного ключа, собранного раздельно для самок и самцов, нивелирует данную разницу. При этом темп созревания у самцов несколько выше, чем у самок (рисунок 4.21). Так количество половозрелых самцов при полных шести лет составляет 63,9%, самок – 55,4%.

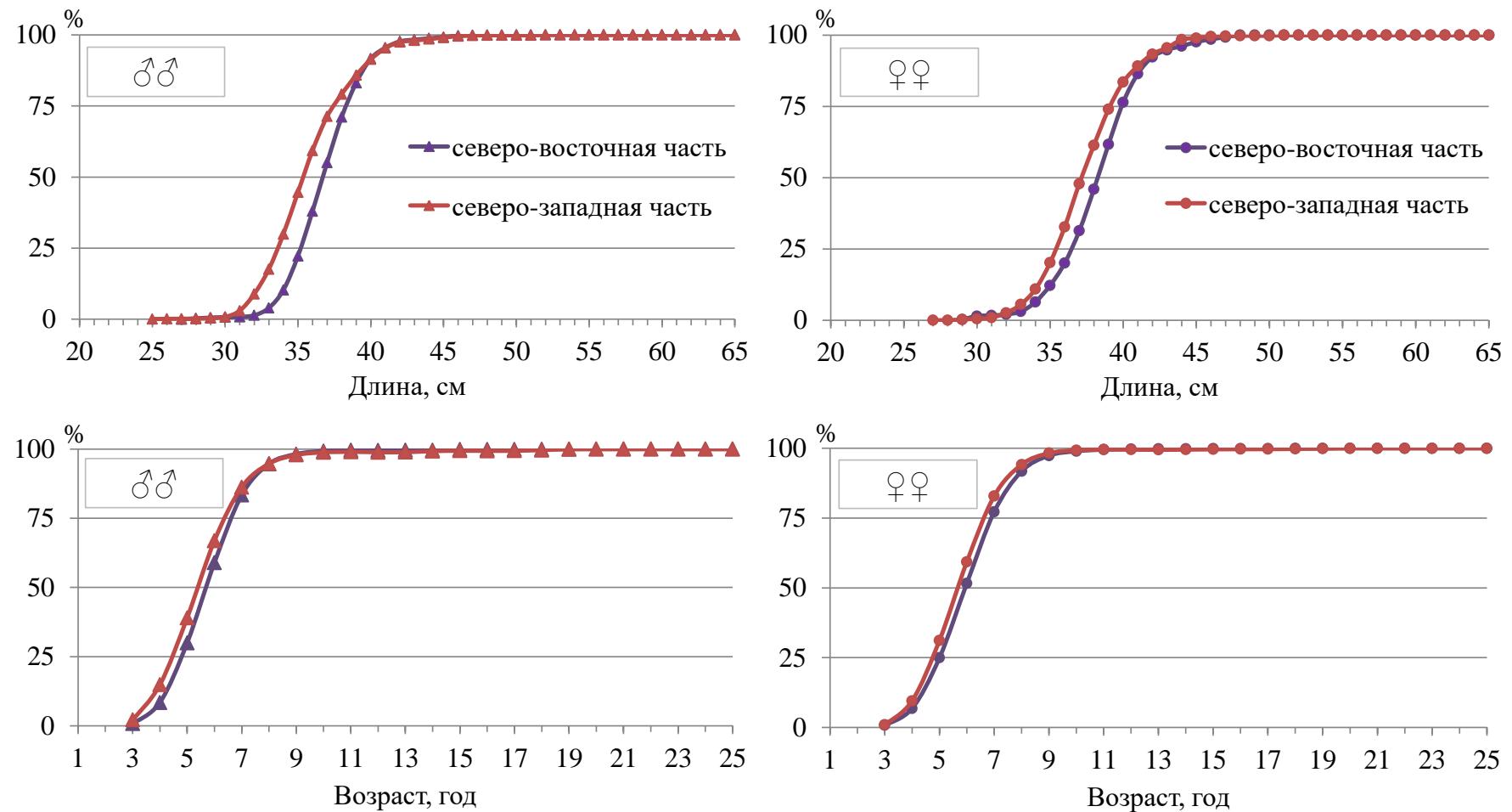


Рисунок 4.21 – Среднемноголетняя доля половозрелых самцов и самок минтая в размерных и возрастных группах в северной части Охотского моря за 2011–2023 гг.

Анализ осредненных данных, характеризующих созревание минтая в северной части Охотского моря в 2011–2023 гг., определил различие этого процесса для обоих полов по длине и схожесть по возрасту. Так впервые созревающий минтай отмечен в 3 года, при длине у самцов 25 см, у самок – 27 см. Массово и самцы, и самки созревают на 6 году жизни. Практически полностью (90%) минтай созревает в возрасте 8 лет.

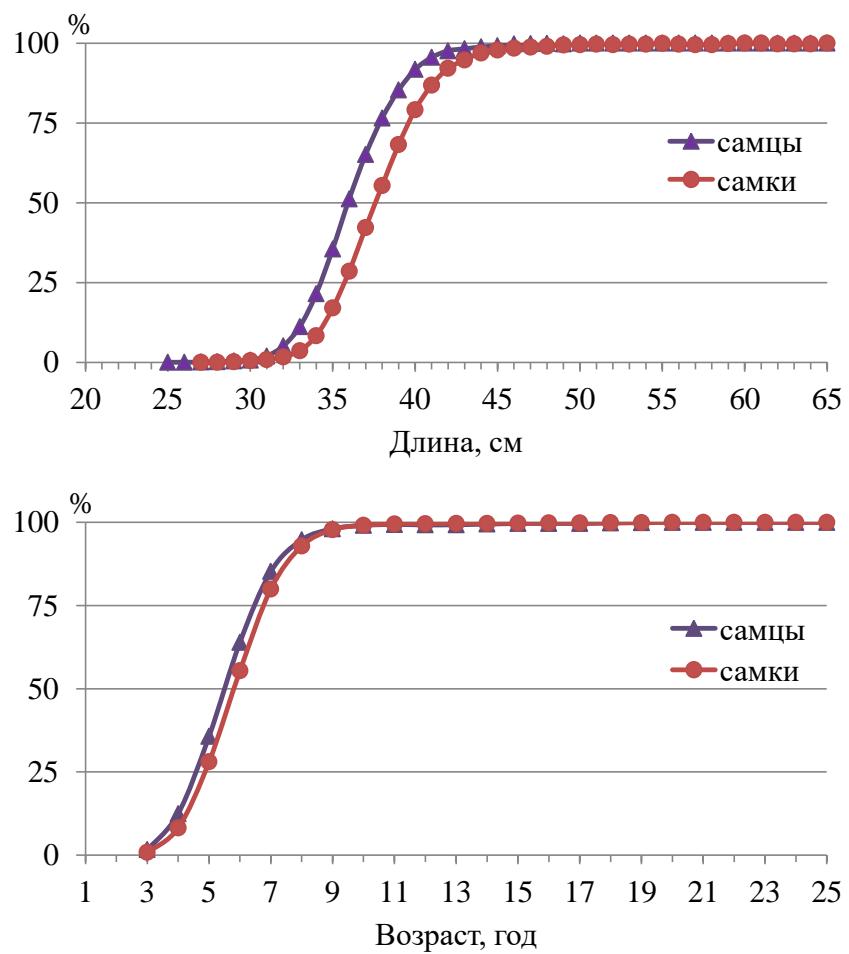


Рисунок 4.22 – Среднемноголетняя доля половозрелых самцов и самок минтая в размерных и возрастных группах в северной части Охотского моря за 2011–2023 гг.

Сопоставление огив созревания с размерно-возрастным составом по рассматриваемым частям моря и в целом по северной части Охотского моря дает более наглядное представление о соотношении неполовозрелой и половозрелой частей общего запаса минтая в рассматриваемый нами период. Так в северо-

восточной части моря средневзвешенный размерный состав самцов и самок имел схожую структуру. Выделялись три модальные группы особей в пределах 11–13, 27–30 и 37–42 см, в которых доминировали 1, 3–4 и 5–7 годовики (рисунок 4.23, 4.24). При этом более крупные самцы и самки незначительно превосходили по численности мелких особей.

На рисунках 4.23 и 4.24 видно, что огива созревания смещена в правую часть размерно-возрастных рядов и расположена на восходящей ветви модальной группы, что объясняется значительным количеством половозрелых особей. В 2000-е гг., за счет превалирования в запасе неполовозрелых особей многочисленных поколений 2004 и 2005 г.р. и незначительного количества половозрелых рыб, огива располагалась на нисходящей ветви размерно-возрастного распределения (Варкентин, 2011; Овсянников др., 2013).

В северо-западной части предельные размеры модальных групп самцов и самок также совпадали: 10–13, 25–30 и 37–43 см и были схожи с модальными группами в северо-восточной части (рисунок 4.23, 4.24).

Стоит отметить, что в рассматриваемых частях моря по численности существенно преобладали неполовозрелые особи, средняя доля которых в северной части моря составляла у самцов 65,1% у самок – 63,8% (таблица 11).

Таблица 11 – Среднемноголетняя репродуктивная структура минтая в северной части Охотского моря в 2011–2023 гг.

Район	Северо-восточная часть		Северо-западная часть		Северная часть моря	
Численность	млрд экз.	%	млрд экз.	%	млрд экз.	%
самцы						
Неполовозрелые	15,423	68,2	19,316	69,1	27,335	65,1
Половозрелые	7,186	31,8	8,627	30,9	14,663	34,9
Сумма	22,609	100	27,943	100	41,998	100
самки						
Неполовозрелые	14,660	66,4	18,701	68,1	26,240	63,8
Половозрелые	7,422	33,6	8,766	31,9	14,879	36,2
Сумма	22,082	100	27,468	100	41,119	100

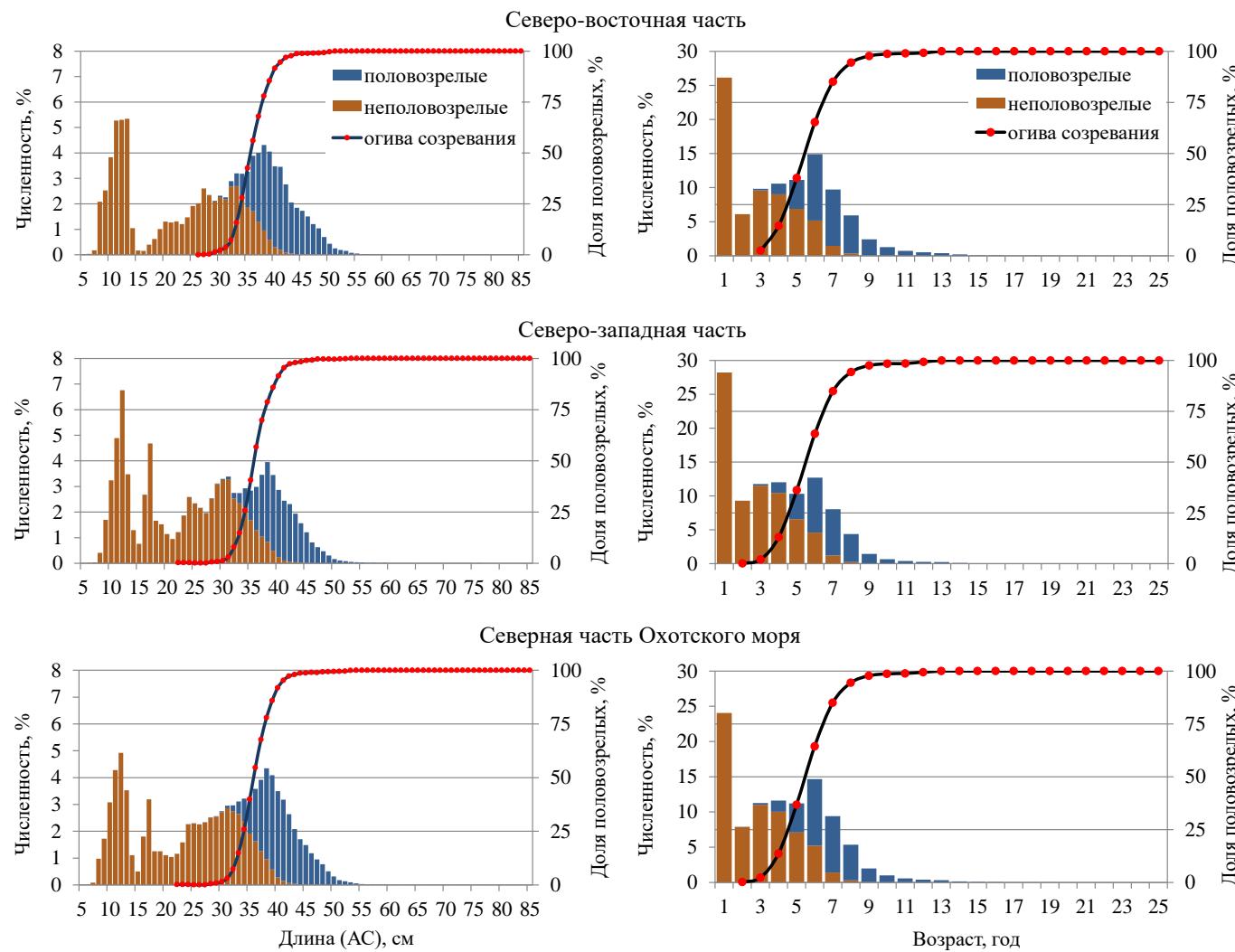


Рисунок 4.23 – Средневзвешенный размерно-взрастной состав и созревание самцов минтая в северной части Охотского моря за 2011–2023 гг.

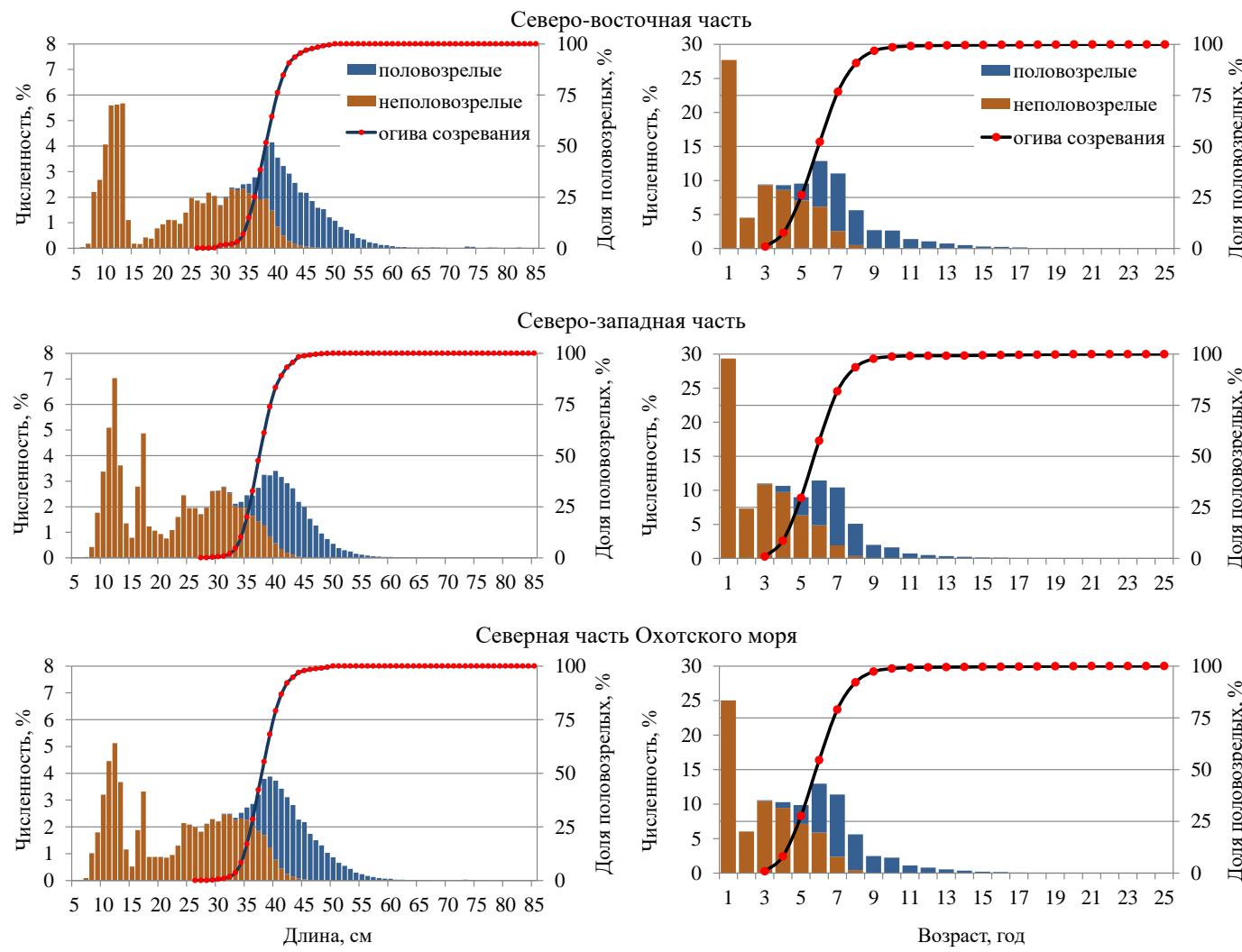


Рисунок 4.24 – Средневзвешенный размерно-возрастной состав и созревание самок минтая в северной части Охотского моря за 2011–2023 гг.

По мнению А.И. Варкентина (2011) смещение огибы к началу или концу размерно-возрастного ряда связано с выборкой из разных функциональных областей ареала. Например, соотношение неполовозрелых и половозрелых особей, полученное в весенний период в зал. Шелихова, не может быть подтверждением раннего созревания минтая, обитающего в заливе. Так как половозрелый минтай мигрирует на нерест сюда в весенний период, после нереста большая его часть уходит на нагул в открытую часть моря.

При сравнении полового созревания минтая по более крупным районам, таким как северо-восточная и северо-западная части моря, учитывающие местные составляющие неполовозрелой и половозрелой частей запаса, возможно более достоверно рассуждать о половом созревании минтая.

По нашему мнению, расположение огибы созревания на гистограмме размерно-возрастного ряда также зависит от структуры общего запаса и наличия особей высокочисленных поколений. Подтверждает это, и состояние репродуктивной структуры запаса минтая в северной части моря в 2000-х гг., когда при низкой численности старшевозрастных половозрелых особей появилось два многочисленных поколения в 2004 и 2005 г. Вследствие чего доля неполовозрелых самцов составляла 79%, самок – 83% (Варкентин, 2011). Как показали наши исследования соотношение неполовозрелых и половозрелых самцов и самок в северной части Охотского моря близко к 70%:30% (таблица 11).

Практическое применение результатов исследований созревания минтая возможно при расчетах параметров уравнения Ферхольста (Лакин, 1990). Проведенные нами исследования не выявили существенных различий в созревании минтая в разных частях моря. В связи с чем, нами рассчитаны параметры для данного уравнения для всей северной части Охотского моря (таблица 12).

Промысел минтая в сезон «А» в водах двух западнокамчатских промысловых подзон ведется от м. Лопатка до зал. Шелихова (глава 3). Однако в силу разного по времени созревания гонад и соответственно разного начала нереста в водах у южной и северной оконечностей п-ва Камчатка доли стадий

развития гонад различаются. На наш взгляд объединение данных для анализа динамики созревания гонад в водах западной Камчатки, как одного общего района обитания восточноохотоморского промыслового стада (Кузнецов и др., 2008), включая в него особей, нерестящихся в Притауйском районе и в заливе Шелихова, дает занижение долей нерестовых и постнерестовых стадий.

Таблица 12 – Параметры логистического уравнения для расчета соотношения неполовозрелой и половозрелой частей запаса минтая в Охотском море

Параметр	По длине		По возрасту	
	самцы	самки	самцы	самки
a	21,3153	22,992	6,8993	7,7963
b	-0,5951	-0,6111	-1,2419	-1,3199

Объем и анализ собранных данных с января по апрель 2001–2021 гг. позволяет найти различия в соотношении долей стадий развития гонад минтая, для Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзон.

В январе в водах у западной Камчатки превалируют особи с половыми продуктами на преднерестовых стадиях (III, IV и IV–V), в сумме составляющих у самцов 98,0–100%, у самок 66,3–87,2% (рисунок 4.25, таблица 13). При этом у самцов соотношение долей III и IV стадий примерно равное. У самок наблюдается иное соотношение – более чем в 2 раза преобладают гонады на III стадии. При этом в Камчатско-Курильской подзоне самок с гонадами на III стадии больше в 1,3 раза, чем в Западно-Камчатской. Также в январе отмечаются в незначительном количестве (< 1%) особи с текучими и на стадии выбоя половыми продуктами.

Ярким отличием является присутствие в Западно-Камчатской подзоне значительного количества впервые созревающих особей (стадия II–III), которые не участвуют в нересте в терминальном году (Привалихин, 1998; Варкентин, 2015).

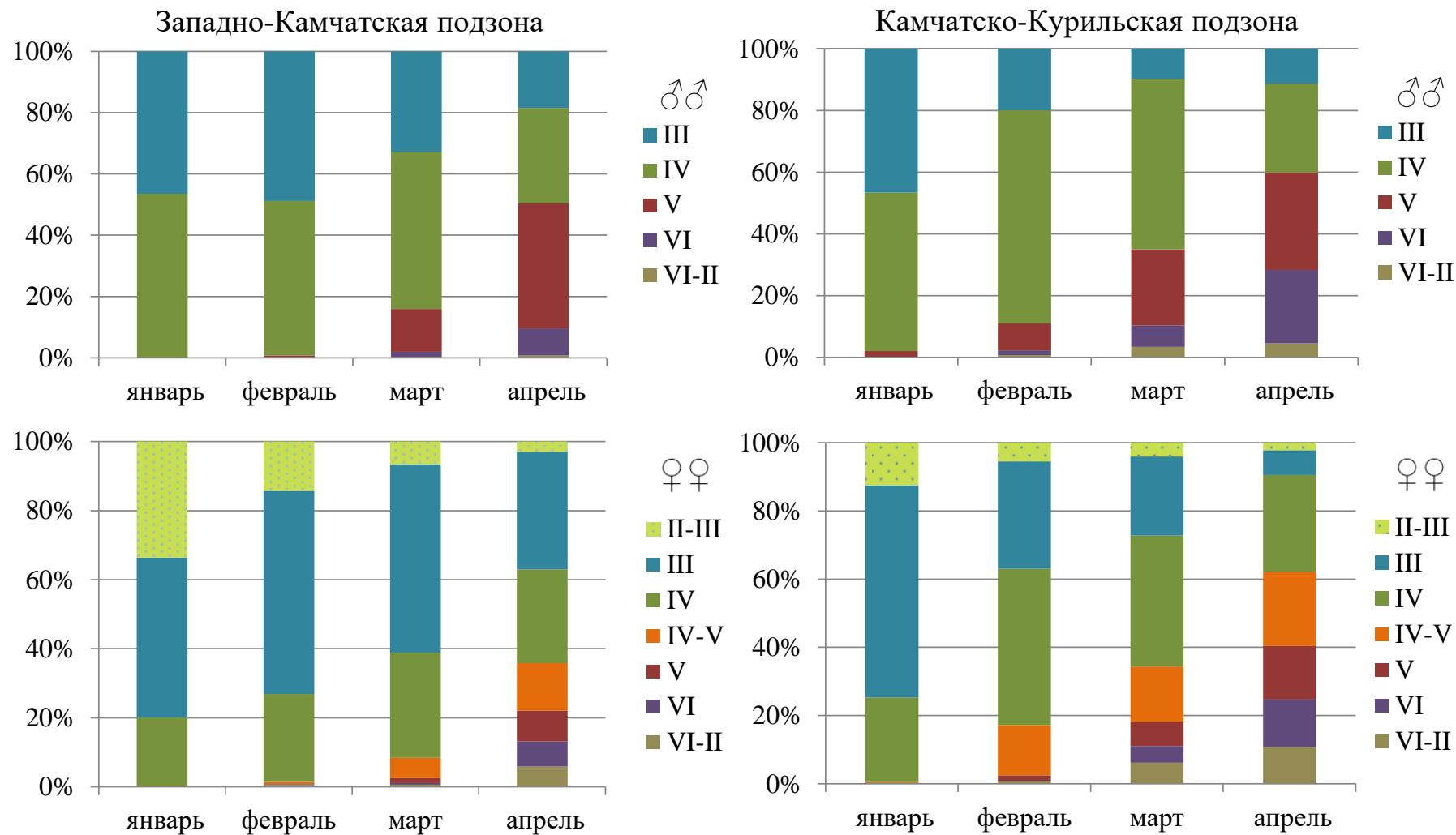


Рисунок 4.25 – Соотношение стадий зрелости гонад минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах в промысловый сезон «А» в среднем за 2001–2021 гг.

Таблица 13 – Средние доли стадий зрелости гонад минтая в северной части Охотского моря за 2001–2021 гг.

Подзона	Северо-Охотоморская				Западно-Камчатская				Камчатско-Курильская			
Стадия/месяц	январь	февраль	март	апрель	январь	февраль	март	апрель	январь	февраль	март	апрель
III	70,7	51,9	40,5	15,8	46,5	48,8	32,8	18,5	46,6	19,9	9,8	11,30
IV	27,3	42,8	57,2	60,7	53,5	50,5	51,3	31,1	51,4	69,1	55,2	28,90
V	1,7	4,3	1,8	19,7	-	0,5	14,0	40,8	1,9	8,7	24,6	31,50
VI	-	-	0,3	2,9	-	0,2	1,7	8,9	0,09	1,6	7,0	23,80
VI-II	0,3	1,0	0,2	0,9	-	-	0,2	0,7	0,01	0,7	3,4	4,50
сумма	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
преднерестовые	98,0	94,7	97,7	76,5	100,0	99,3	84,1	49,6	98,0	89,0	65,0	40,2
нерестовые	1,7	4,3	1,8	19,7	-	0,5	14,0	40,8	1,9	8,7	24,6	31,5
отнерестовавшие	0,3	1,0	0,5	3,8	-	0,2	1,9	9,6	0,1	2,3	10,4	28,3
Стадия/месяц	самцы				самки							
II-III	4,3	5,9	4,6	1,5	33,6	14,3	6,6	3,0	12,5	5,5	4,1	2,2
III	74,1	63,5	41,5	17,1	46,4	58,8	54,6	34,1	62,2	31,5	23,1	7,3
IV	19,6	27,9	44,4	40,7	19,8	25,5	30,4	27,1	24,7	45,8	38,4	28,4
IV-V	0,7	0,6	5,9	24,7	0,1	0,6	5,9	13,7	0,3	14,7	16,2	21,7
V	0,1	0,2	2,3	10,4	-	0,1	1,4	8,9	0,02	1,59	7,1	15,6
VI	0,1	0,1	0,4	2,6	0,1	0,2	0,5	7,3	0,1	0,01	4,8	13,9
VI-II	1,1	1,8	0,9	3,0	-	0,5	0,6	5,9	0,18	0,9	6,3	10,9
сумма	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
преднерестовые	94,4	92,0	91,8	82,5	66,3	84,9	90,9	74,9	87,2	92,0	77,7	57,4
нерестовые	0,1	0,2	2,3	10,4	-	0,1	1,4	8,9	0,02	1,59	7,1	15,6
отнерестовавшие	1,2	1,9	1,3	5,6	0,1	0,7	1,1	13,2	0,28	0,91	11,1	24,8

Так как у самцов визуально затруднительно определение стадии II–III, возможно предположить по среднему значению соотношения полов в уловах 1:1 и количеству впервые созревающих самок, что для каждого пола в январе доля таких особей колебалась от 12,5 до 33,6%.

Незначительное количество нерестового и отнерестовавшего минтая указывает на начало зимнего нереста в водах западной Камчатки южнее 54° с.ш., который, по мере все большего распределения теплых океанических вод, развивается в северном направлении.

В феврале прослеживается преобладание преднерестовых стадий. В отличие от южной периферии западнокамчатского нерестилища (Камчатско-Курильская подзона), где в сравнении с январем общее количество созревающих самцов снизилось до 89,0%, а самок увеличилось до 92,0%, в Западно-Камчатской подзоне снижение у самцов составило менее 1%, у самок наблюдался резкий рост на 18,6%.

Однако в соотношении между двумя основными преднерестовыми стадиями (III и IV) в Камчатско-Курильской подзоне доминировала IV стадия, ее доля к концу месяца у самцов достигала 69,1%, у самок – 45,8%. В Западно-Камчатской подзоне данное соотношение у самцов было практически равным, с незначительным перевесом в сторону более поздней стадии, у самок доля III стадии увеличилась до 58,8%.

В Камчатско-Курильской подзоне заметно увеличиваются доли нерестового и отнерестовавшего минтая, в сумме составляя у самцов 11,0%, у самок – 2,5%. На северной периферии западнокамчатского нерестилища (Западно-Камчатская подзона) доля отнерестовавших особей остается незначительной – менее 1% у обоих полов.

За счет интенсивной миграции преднерестовых особей к нерестилищам у западной Камчатки и в зал. Шелихова и увеличении их количества в промысловых уловах, снижается доля впервые созревающих особей (стадия II–III) более чем в два раза.

Несмотря на развитие нереста минтая у Западной Камчатки в марте, количество преднерестовых особей в западнокамчатских промысловых подзонах остается значительным, доля самцов в среднем составляет 74,5%, самок – 84,3%. В Камчатско-Курильской подзоне увеличиваются доли нерестовых и отнерестовавших особей, в сумме составляющие у самцов – 35,0%, у самок – 18,2%. В преднерестовой группе сохраняется преобладание особей с гонадами на IV стадии.

В Западно-Камчатской подзоне в марте нерест менее интенсивен за счет его локализации в Притауйском районе и зал. Шелихова, для которых характерны более суровые гидрологические условия. Значительное количество самок (90,9%) только готовится к нересту. Среди самцов происходит увеличение доли нерестовых особей – до 14%. Это согласуется с представлениями о том, что за счет более раннего созревания гонад первыми на нерестилища массово мигрируют самцы и находятся в пределах нерестилищ более продолжительное время, чем самки (Фадеев, 1981, 1987).

Известно, что в апреле наступает пик нереста минтая у западной Камчатки, что в свою очередь сказывается на соотношении долей стадий зрелости гонад. В первую очередь происходит снижение количества преднерестовых особей и увеличивается доля нерестовых и отнерестовавших. Особенно это изменение заметно в Камчатско-Курильской подзоне, где соотношение преднерестовых и нерестовых самцов составляет 40,2/59,8%, самок 57,4/40,4%. В Западно-Камчатской подзоне соотношение преднерестовых и нерестовых самцов составляет 49,6/50,4%. В свою очередь соотношение аналогичных групп самок составляет 74,9/22,1%, что указывает на более поздние сроки наступления пика нереста севернее 54° с.ш.

Пространственное распределение минтая и его нерест в северо-западной части моря – в границах Северо-Охотоморской подзоны, как и в северо-восточной части, в значительной степени зависит от гидрометеорологических условий (Фигуркин, 2003). В отличие от вод у западнокамчатского побережья, воды Северо-Охотоморской подзоны весной покрыты льдом разной плотности,

являющимся естественной преградой для ведения помысла минтая. Образование и направление ветвей Западно-Камчатского течения формирует основные направления преднерестовой и нерестовой миграций минтая вдоль материкового склона и шельфа северо-западной части моря (Фигуркин, 2003).

По данным, приведенным на рисунке 4.26 и таблице 13 заметно, что процесс созревания гонад минтая в Северо-Охотоморской подзоне схож с аналогичными процессами в западнокамчатских подзонах.

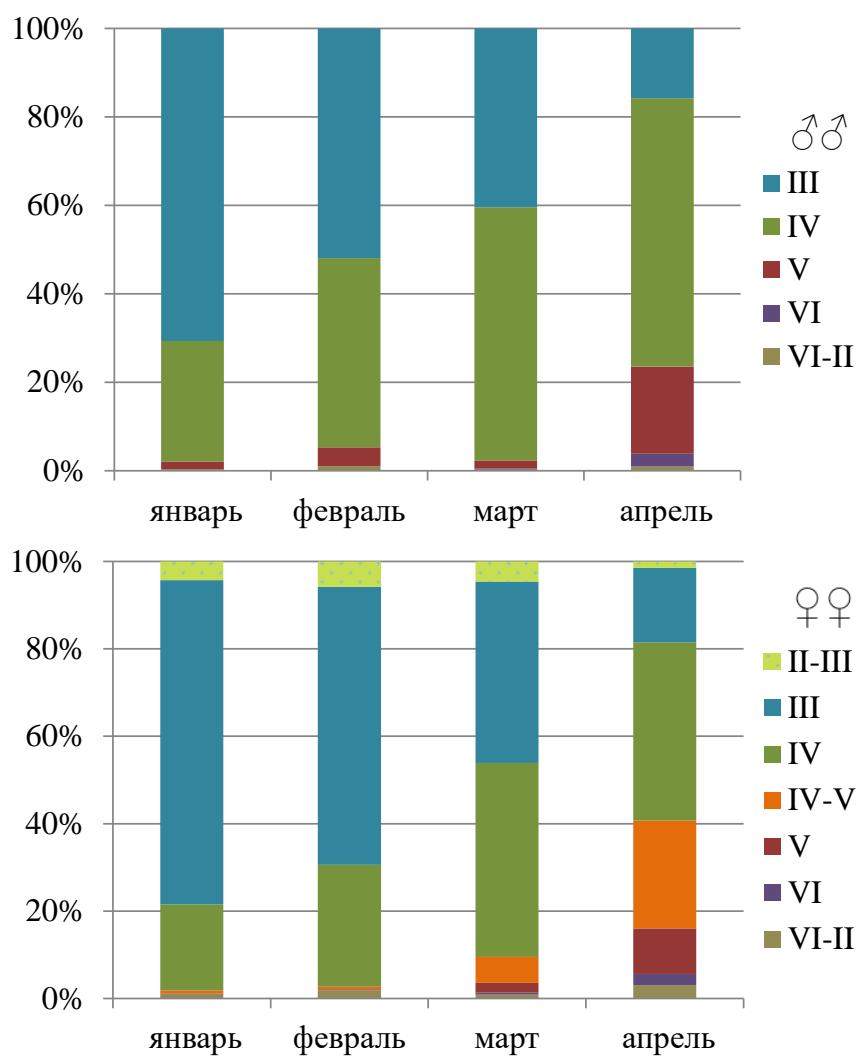


Рисунок 4.26 – Соотношение стадий зрелости гонад минтая в Северо-Охотоморской подзоне в промысловый сезон «А» в среднем за 2001–2021 гг.

У обоих полов с января по апрель преобладают преднерестовые особи, со снижением их общей доли к середине апреля. При этом доминирование самцов с гонадами на III стадии в январе-феврале (70,7–51,9%) переходит в марте-апреле к

IV стадии (57,2–60,7%). У самок столь ярко выраженного преобладания гонад на IV стадии не выявлено. В январе-феврале среди самок выделяются особи с гонадами на III стадии (74,1 и 63,5%). Однако уже в марте наблюдается практически равное соотношение III и IV стадий – 41,5/44,4%. В апреле превалируют самки с гонадами на IV стадии – 40,7%.

По данным А.И. Варкентина (2015) в период 2000-х гг., в Северо-Охотоморской подзоне в январе особи с текучими половыми продуктами в промысловых уловах отсутствовали. По нашим данным гонады на V стадии наблюдались у обоих полов, начиная с 2016 г. Так среднемноголетнее количество нерестовых и отнерестовавших самцов в сумме составляло 2,0%, самок – 1,3% (таблица 13). Аналогично ситуации, сложившейся в Западно-Камчатской подзоне с января по март, отмечено незначительное количество отнерестовавших особей, доля которых у самцов не превышала 1%, у самок – 2%. В марте доля самок с гонадами на V стадии зрелости составляла 2,3%, а в апреле увеличилась в 4,5 раза. В апреле за счет частичного нереста над возвышенностью Лебедя доля нерестовых и отнерестовавших самок за месяц до пика нереста в северо-западной части моря, наблюдающейся в мае, достигала 16,0%.

#### **4.5 Применение коэффициента акустической плотности в расчетах запаса минтая трашовым методом**

Крупномасштабные трашово-акустические съемки, проводимые «ТИНРО» в северной части Охотского моря регулярно с 1998 г., являются основой для исследования запаса североохотоморского минтая (Овсянников и др., 2013; Шейбак и др., 2022). Данные съемки достаточно информативны с точки зрения количества и качества собранного биостатистического материала.

Некоторые исследователи в своих работах затрагивали вопрос совершенствования методик проведения сбора материалов по биологии минтая и оценки его запаса (Волченко, 1998, 1999, 2013; Мельников, 2006; Кузнецов, 2006; Смирнов и др., 2006; Захаров, Емелин, 2016). В настоящее время в расчетах запаса трашовым методом используют два коэффициента – коэффициент уловистости

( $K_y$ ), позволяющий учитывать уловистость орудия молоди и взрослых особей, и коэффициент объемности ( $K_o$ ), учитывающий неравномерное вертикальное распределение вида в толще воды. Однако в расчетах не учитывается различная акустическая плотность скоплений минтая в месте траления и на всей обследованной акватории.

Как правило, тралово-акустические съемки выполняются по стандартной схеме стаций, не учитывающей пространственное распределение минтая разной плотности в период проведения исследований. Т.е. траление может быть выполнено по скоплению, как малой, так и высокой плотности, что в последующем влияет на достоверность расчетов его запаса площадным методом, в котором величина улова интерполируется на всю площадь полигона Вороного.

Как показали эхоинтеграционные исследования, минтай в водах дальневосточных морей распределен неоднородно (Кузнецов и др., 2002; Глубоков, 2003; Кузнецов, 2006; Поляничко, Кузнецов, 2022). Примерами такого неоднородного распределения в Охотском море являются изображения акустических записей, представленные на рисунке 4.27. Также на данном рисунке изображены границы тралений, пришедшиеся на скопления различной плотности. Такое сочетание плотности минтая и места выполнения траления в конечном итоге приводит по нашему мнению к неточной оценке численности минтая, приходящейся на единицу площади.

В связи с чем, помимо коэффициентов, использующихся для оценки запаса минтая, дополнительно предлагается использовать коэффициент акустической плотности ( $K_{ap}$ ).

По итогам тралово-акустической съемки в 2017 г. общий запас минтая в северо-восточной части моря составил 19,1 млрд экз. и 5,8 млн т (таблица 14–15). В результате применения в расчетах запаса площадным методом коэффициента акустической плотности, численность и биомасса снизились на 33% от исходных значений, составив 12,9 млрд экз. и 3,9 млн т.

Рассматривая результаты корректировки запаса отдельно по биостатистическим районам, можно говорить о наибольшем его снижении в СЗК,

которое составило по численности 42,6% и по биомассе – 37,9%. В ЮЗК и ЗК снижение запаса после корректировки было, примерно, на одном уровне. Запас минтая в ЗШ претерпел наименьшее изменение, относительно других биостатистических районов, составившее по численности 18,9%, по биомассе – 28,0%.

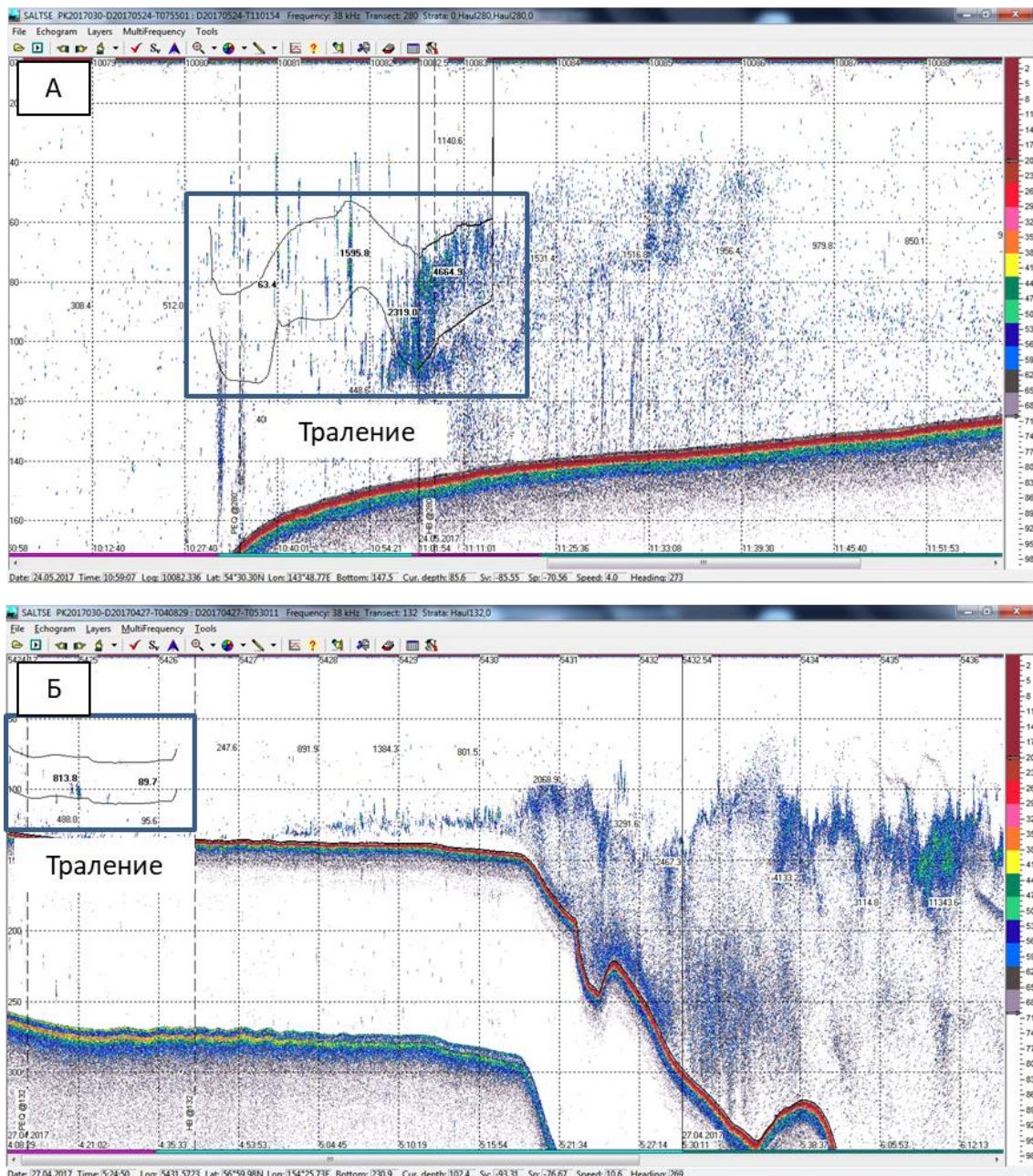


Рисунок 4.27 – Акустические изображения скоплений минтая в северной части Охотского моря в 2017 г.:

А – у ЗК ( $54^{\circ}30'$  с.ш.  $143^{\circ}48'$  в.д.), Б – у СЗК ( $56^{\circ}59'$  с.ш.  $154^{\circ}25'$  в.д.)

Таблица 14 – Численность минтая в северо-восточной части Охотского моря

Год/параметр	ЮЗК		ЗК		СЗК		ЗШ		Сумма		
	млрд экз.	расхождение, %	млрд экз.	расхождение, %	млрд экз.	расхождение, %	млрд экз.	расхождение, %	млрд экз.	расхождение, %	
2017	без коэф-та	4,565	- 28,3	5,925	- 24,2	7,756	- 42,6	0,865	- 18,9	19,111	- 32,4
	с коэф-ом	3,273		4,491		4,454		0,701		12,920	
2018	без коэф-та	4,275	- 10,4	8,007	- 6,8	5,311	+ 9,5	0,975	+ 53,1	18,567	+ 0,2
	с коэф-ом	3,830		7,460		5,813		1,493		18,597	
2019	без коэф-та	6,903	- 13,9	8,308	- 39,7	11,457	- 17,8	0,734	+ 67,8	27,402	- 21,2
	с коэф-ом	5,945		5,012		9,413		1,232		21,602	
2020	без коэф-та	8,222	- 22,0	4,010	- 36,1	6,523	- 45,0	0,508	- 22,0	19,264	- 32,7
	с коэф-ом	6,417		2,562		3,586		0,396		12,962	

Таблица 15 – Биомасса минтая в северо-восточной части Охотского моря

Год/параметр	ЮЗК		ЗК		СЗК		ЗШ		Сумма		
	млн т	расхождение, %	млн т	расхождение, %	млн т	расхождение, %	млн т	расхождение, %	млн т	расхождение, %	
2017	без коэф-та	1,881	- 32,9	2,262	- 30,4	1,362	- 37,9	0,285	- 28,0	5,790	- 32,8
	с коэф-ом	1,262		1,576		0,845		0,205		3,889	
2018	без коэф-та	1,771	- 12,0	2,527	- 6,8	1,400	+ 12,8	0,262	+ 64,5	5,960	- 0,6
	с коэф-ом	1,558		2,356		1,580		0,430		5,924	
2019	без коэф-та	2,652	- 16,1	1,900	- 34,7	2,272	- 22,8	0,240	+ 57,8	7,064	- 20,8
	с коэф-ом	2,225		1,242		1,753		0,378		5,598	
2020	без коэф-та	2,974	- 22,9	1,362	- 34,4	1,947	- 50,0	0,164	- 21,6	6,447	- 33,5
	с коэф-ом	2,292		0,894		0,973		0,129		4,287	

В размерном составе наиболее существенное снижение численности отмечено для группы особей 26–35 см, составившее 34,5% от исходной в 8,4 млрд экз. (рисунок 4.28). Значительную долю в размерной структуре запаса составляли крупные рыбы длиной 36–45 см, расчетная биомасса которых находилась на уровне 2,2 млн т и после пересчета снизившаяся до 1,5 млн т.

В 2018 г. в северо-восточной части моря запас минтая составлял 18,6 млрд экз. и 5,9 млн т (таблица 14–15). Большая доля численности (43,1%) и биомассы (42,4%) приходилась на ЗК. После применения в расчетах  $K_{ap}$  увеличение запаса было незначительным, составившее менее 1%. Однако в отдельных биостатистических районах наблюдалось как снижение, так и увеличение запаса. В ЮЗК и ЗК снижение от исходных оценок численности составило 10,4 и 6,8%, биомассы – 12,0 и 6,8%. В то же время в северных районах отмечено увеличение запаса, составившее в СЗК по численности 9,5%, по биомассе – 12,8% и в ЗШ – 53,1% и 64,5%, соответственно.

В размерном составе общего запаса заметное увеличение численности – до 30,3% от исходного значения, наблюдалось только для группы особей < 25 см, не являющейся многочисленной (5,2%) в 2018 г. (рисунок 4.28). Величина запаса модальной размерной группы рыб 36–45 см, как по численности (47,3%), так и по биомассе (53,2%), не претерпела существенных изменений.

По результатам комплексной съемки 2019 г. запас минтая определен на уровне 27,4 млрд экз. и 7,1 млн т (таблица 14–15). При этом по численности минтай доминировал в районе СЗК – 41,8%, а по биомассе в ЮЗК – 37,5%. После применения в расчётах коэффициента акустической плотности, общие численность и биомасса снизились на 21,2% и 20,8%, соответственно. Наиболее существенное снижение запаса пришлось на центральный район – ЗК, где начальные параметры обилия, составлявшие 8,3 млрд экз. и 1,9 млн т, уменьшились на 39,7% и 34,7%, соответственно. В то же время в зал. Шелихова, несмотря на незначительный уровень запаса, отмечалось его увеличение от исходных значений численности на 67,8% и биомассы – на 57,8%.

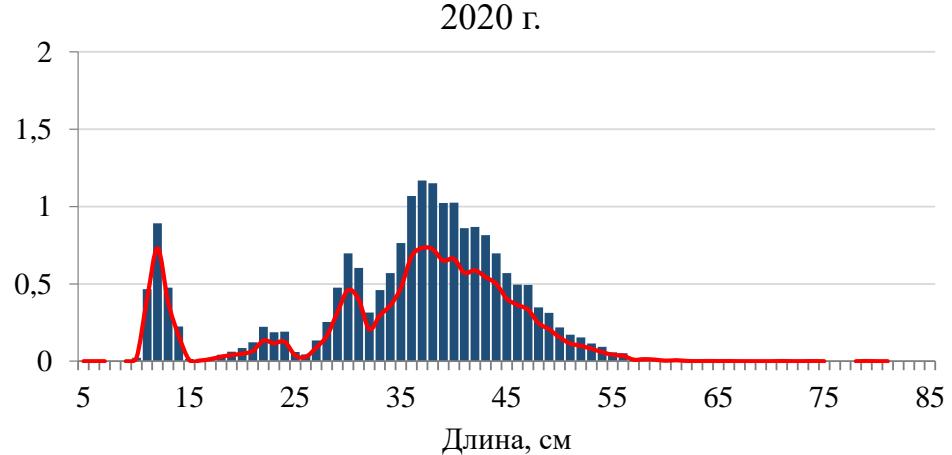
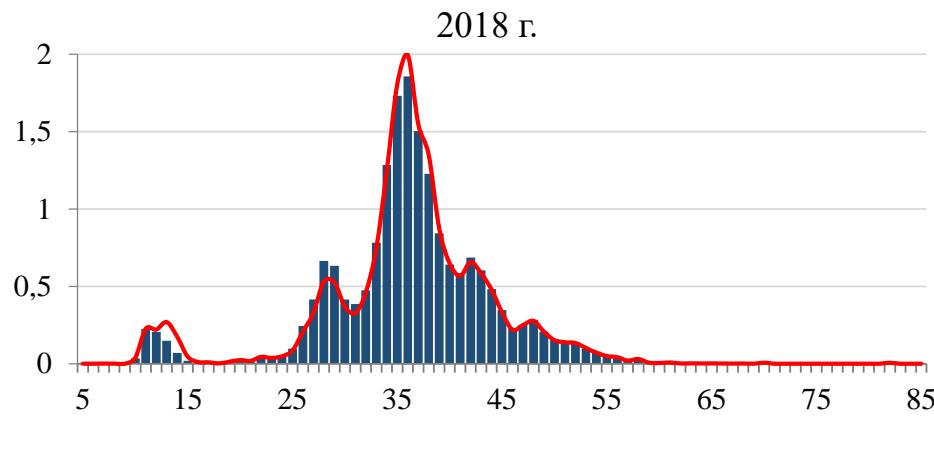
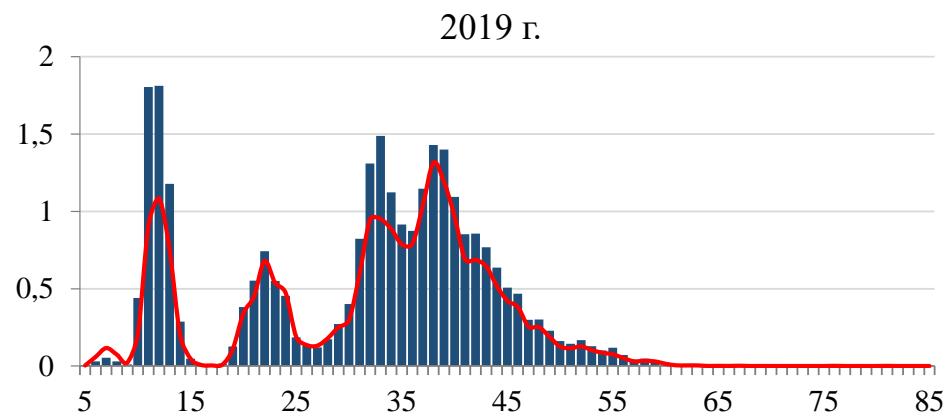
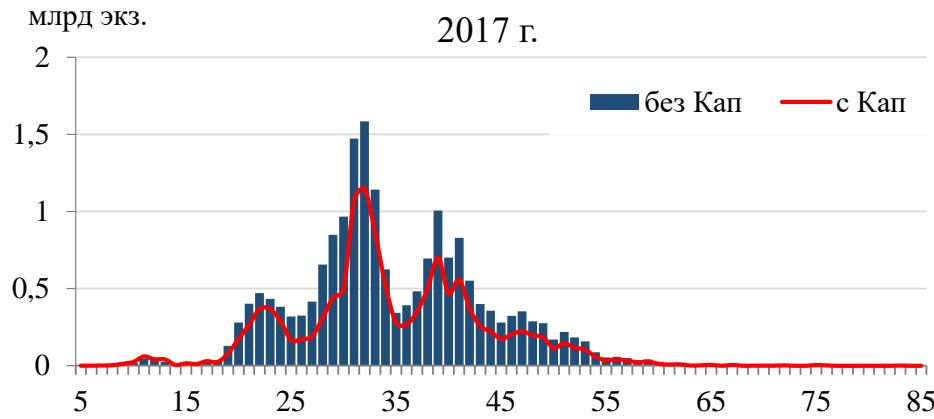


Рисунок 4.28 – Размерный состав минтая в северо-восточной части Охотского моря по данным трашовых съемок 2017–2020 гг.

В полимодальной размерной структуре запаса доминировали три группы – <25, 26–35 и 36–45 см, из которых на когорту 36–45 см приходилось 51,6% (рисунок 4.28). После корректировки, снижение параметров обилия от начального уровня было присуще для всех размерных групп. Однако наиболее существенное снижение численности отмечено для размерных групп <25 и 26–35 см, а биомассы – в группах 26–35 и >45 см.

В 2020 г. запас, учтенный в северо-восточной части моря, составил 19,3 млрд экз. и 6,4 млн т (таблица 14–15). После корректировки численность и биомасса снизились на 32,7% и 33,5% от исходных значений. В отличие от ЮЗК, где численность и биомасса уменьшились на 21,9% и 22,9%, в СЗК отмечено наиболее существенное снижение обилия минтая, составившее для численности 45,0%, для биомассы – 50,0%. Изменение запаса в зал. Шелихова находилось на уровне ЮЗК и не превышало 22% для обоих показателей обилия.

Размерная структура отличалась от таковых прошлых лет, но продолжала оставаться полимодальной с доминированием по численности (48,0%) и биомассе (55,8%) группы особей 36–45 см. Применение в расчетах  $K_{ap}$  привело к снижению численности всех размерных групп. При этом наименьшее снижение в абсолютных величинах от исходных значений отмечено для особей размерной группы <25 см – 0,8 млрд экз. и 0,03 млн т, наибольшее – для доминирующей группы 36–45 см – 3,2 млрд экз. и 1,2 млн т.

Заметное снижение величины промыслового запаса минтая после применения в расчетах  $K_{ap}$  отмечено в 2017, 2019 и 2020 гг. (таблица 16). В 2018 г. изменение промыслового запаса было незначительным – менее 1%.

В целом значительные колебания численности и биомассы минтая в северной части Охотского моря отмечены в первой половине 2010-х гг. К концу этого десятилетия наблюдалось увеличение биомассы и снижение численности минтая, а в начале 2020-х гг. их общее снижение.

Межгодовая динамика численности и биомассы в разных частях моря зависела от появления и элиминации разного уровня урожайности генераций периода 2000–2020-х гг., а также пространственного перераспределения особей

между рассматриваемыми частями моря. Представленное соотношение пространственного распределения нерестовой биомассы между северо-восточной и северо-западной частями моря в 2001–2023 гг. указывает на ее преобладание в северо-восточной части в 2000-х гг. и практически равное распределение между ними в 2010-х – начале 2020-х гг.

Таблица 16 – Промысловый запас минтая в северо-восточной части Охотского моря

Год	Численность, млрд экз.			Биомасса, млн т		
	без Кап	с Кап	расхождение,	без Кап	с Кап	расхождение,
2017	7,696	5,175	- 32,8	4,056	2,704	- 33,3
2018	8,704	8,777	+ 0,8	4,076	4,060	- 0,4
2019	11,053	9,369	- 15,2	5,265	4,238	- 19,5
2020	10,779	7,164	- 33,5	5,233	3,506	- 33,0

Проведенные исследования определили сложную размерно-возрастную структуру общего запаса минтая в северной части моря в 2011–2023 гг., что связано с присутствием в нем в начале 2010-х гг. половозрелых особей поколений середины и конца 2000-х гг., а также появлением и дальнейшей элиминацией особей четырех неурожайных (2012, 2017–2019 гг.), четырех среднеурожайных (2011, 2014–2016 гг.) и одного сверхурожайного (2013 г.) поколений. Уровень урожайности поколений 2020–2022 гг. в возрасте 3–4 лет будет определен в первой половине 2020-х гг.

Размерно-возрастная структура минтая в промысловых уловах на протяжении рассматриваемого периода не претерпевала значимых изменений. В рассматриваемых нами промысловых подзонах основу уловов составляли особи размерной группы 35–47 см (60%), возрастом 6–8 лет (65%). Незначительные изменения размерно-возрастной структуры и динамика разрешенной доли минтая непромысловой длины были связаны с доступностью для облова пелагическими тралами и вступлением в промысловый запас особей высокочисленных поколений в возрасте 4–5 лет. В возрастной структуре промысловых уловов выделялись высокочисленные поколения 1995, 1997, 2004-2005, 2011 и 2013 гг.

Выявлено незначительное различие в линейных размерах наступления первого и массового созревания между самцами и самками. Последние, в силу разницы в темпах роста, созревают при несколько больших размерах. В то же время применение размерно-возрастного ключа, сформированного для каждого пола и учитывающего разницу в темпах роста, определило наступление массового созревания особей обоих полов на 6 году и практически полное – на 8 году жизни.

Сравнительный анализ динамики стадий зрелости гонад минтая позволил установить пространственную и половую изменчивость этого показателя. С января по апрель в скоплениях преобладают преднерестовые особи, доля которых уменьшается по мере приближения пика нереста.

Применение в расчетах запаса минтая площадным методом в северо-восточной части Охотского моря коэффициента акустической плотности определило снижение численности и биомассы от начальных расчетных значений в 2017, 2019 и 2020 гг. и их незначительное увеличение в 2018 г. В то же время величина запаса в различных биостатистических районах в разные годы после корректировки изменялась как в большую, так и в меньшую сторону. Существенные различия численности и биомассы, рассчитанные с применением  $K_{ap}$ , с начальными расчетными величинами чаще отмечались в северных биостатистических районах – СЗК и ЗШ.

## ГЛАВА 5. ОСОБЕННОСТИ НЕРЕСТА МИНТАЯ В ПЕРИОД 2011–2023 ГГ.

### 5.1 Среднемноголетние особенности распределения икры и самок минтая

Репродуктивный ареал минтая занимает значительную акваторию Охотского моря, отличающуюся своими гидрологическими характеристиками в разных его частях (Фигуркин, 2003; Овсянников, 1999, 2011). По обобщенным данным ихтиопланкtonных и траловых съемок в 2011–2023 гг. проведен анализ пространственного распределения средней численности икры и самок минтая.

Выделенные Н.С. Фадеевым (1987) крупные центры нереста, расположенные в северо-восточной и северо-западной частях моря функционировали и в рассматриваемый период. Общие закономерности распределения икры минтая в северной части Охотского моря за длительный период времени (1984–2009 гг.), являющихся актуальными и сегодня, описаны в работе Е.Е. Овсянникова (2011). Нами дополнен анализ особенностей общего распределения икры и хода нереста минтая в 2010-х – начале 2020-х гг.

Ихтиопланкtonные съемки выполнялись по стандартной схеме станций. Обследованная акватория в среднем составляла 483,8 тыс. км<sup>2</sup> (рисунок 5.1). Скопления икры разной плотности занимали 93,8% общей обследованной акватории. При этом в водах западной Камчатки площадь плотных скоплений (>1000 шт./м<sup>2</sup>) составляла 33,0%, в зал. Шелихова в годы исследований с полным охватом его акватории съемкой со стандартной сеткой станций (2011–2014, 2017–2018 и 2022–2023 гг.) – 36,0% и в Североохотоморском районе – 19,8% от занимаемой икрой площади.

За рассматриваемый период наибольший улов икры сетью ИКС-80 у западной Камчатки составил 116792 шт./м<sup>2</sup> (2021 г.), в зал. Шелихова – 29676 шт./м<sup>2</sup> (2013 г.) и в Североохотоморском районе – 15984 шт./м<sup>2</sup> (2015 г.) (рисунок 5.1, таблица 17) Полученное общее представление о распределении концентраций икры различной плотности по районам воспроизводства за 2011–2023 гг. схоже с результатами Е.Е. Овсянникова (2011) за период 1984–2009 гг.

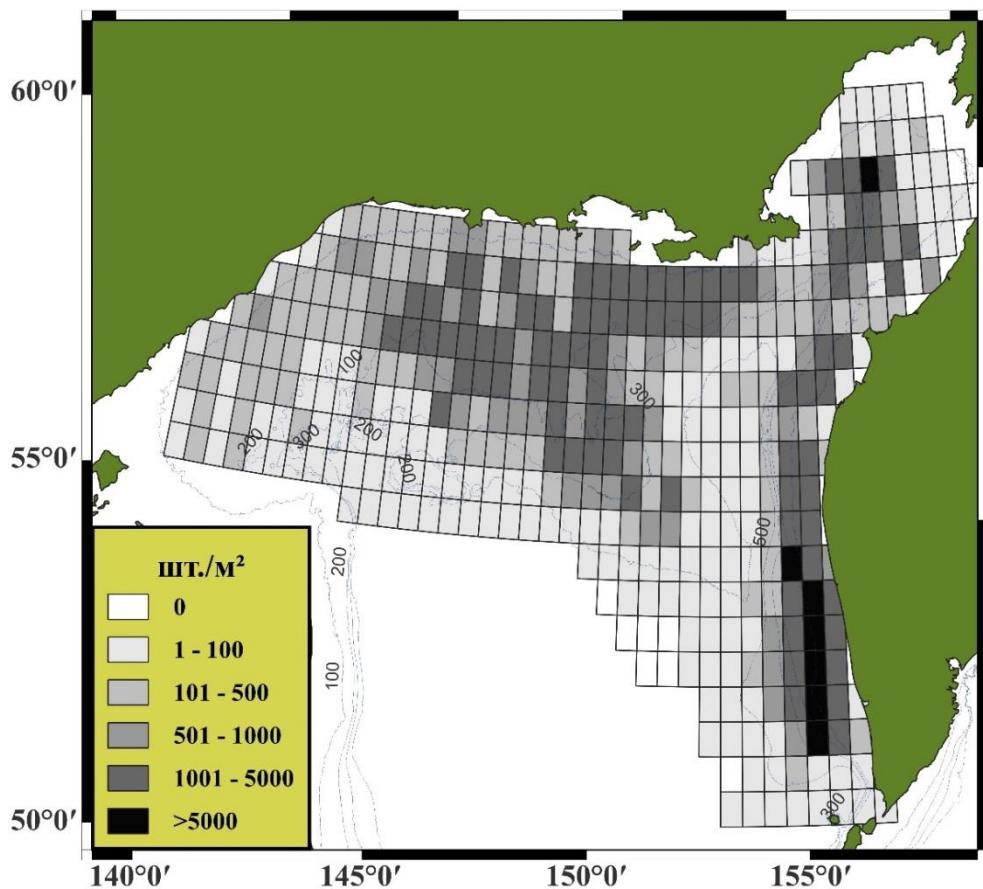


Рисунок 5.1 – Пространственное распределение икры минтая на I–IV стадиях развития по уловам ИКС–80 в среднем за 2011–2023 гг.

Средняя плотность икры у западной Камчатки на всех стадиях развития составляла 2155 шт./м<sup>2</sup>, в зал. Шелихова – 1361 шт./м<sup>2</sup> и в Североохотоморском районе – 766 шт./м<sup>2</sup> (таблица 17). Как видно из представленных данных наиболее плотные скопления расположены в северо-восточной части моря.

На скопления икры высокой плотности (>1000 шт./м<sup>2</sup>) приходилось 107,7 тыс. км<sup>2</sup> или 23,8% от общей площади занимаемой икрой на рассматриваемом полигоне. В то же время на скопления с плотностью >1000 шт./м<sup>2</sup> у западной Камчатки приходилось в среднем 80,3%, в заливе Шелихова – 60,7% и в Североохотоморском районе – 53,2% от расчетной численности икры. С одной стороны, такое соотношение указывает на высокую значимость для воспроизводства минтая нерестилищ, расположенных в северо-восточной части моря. Однако доли учтенной численности икры, полученной для всего полигона

исследований, в среднем составляли для западной Камчатки 40,0%, зал. Шелихова – 8,2% и Северохоктомуорского района – 51,8%, что указывает на равнозначность нерестилищ северо-восточной и северо-западной частей моря в воспроизводстве минтая. Выявленное несоответствие плотности скоплений и численности икры объясняется различной площадью нерестилищ, которая в северо-западной части в 2 раза больше, чем в северо-восточной.

Таблица 17 – Статистические показатели плотности скоплений икры минтая на разных стадиях развития по уловам ИКС–80 в среднем за 2011–2023 гг., шт./км<sup>2</sup>

Стадия развития	Кол-во станций	Min	Max	M	SD	SE
Западная Камчатка						
I	1129	2	98506	1423	5102	152
II	930	2	26380	1030	2469	81
III	400	2	5592	195	533	27
IV	97	2	1992	101	299	30
<b>I-IV</b>	<b>1539</b>	<b>2</b>	<b>116792</b>	<b>2155</b>	<b>6362</b>	<b>179</b>
Залив Шелихова						
I	359	2	25224	1011	2587	137
II	293	2	11448	511	1155	67
III	99	2	262	35	46	5
IV	4	2	18	9	8	5
<b>I-IV</b>	<b>384</b>	<b>2</b>	<b>29676</b>	<b>1361</b>	<b>3089</b>	<b>158</b>
Северохоктомуорский район						
I	1669	2	12548	466	1049	26
II	1334	2	10302	349	866	24
III	462	2	2440	91	216	10
IV	102	2	675	42	99	10
<b>I-IV</b>	<b>1809</b>	<b>2</b>	<b>15984</b>	<b>766</b>	<b>1595</b>	<b>37</b>

Примечание – Обозначения как в таблице 3

В сравнении с периодом 1984–2009 гг. изменилось соотношение численности икры между основными нерестилищами, расположенными у западной Камчатки и в Северохоктомуорском районе, в пользу последнего.

В рассматриваемый период наблюдалось схожее распределение над глубинами уловов икры на всех станциях и уловов более 1000 шт./м<sup>2</sup> (рисунок

5.2). Так основные концентрации икры у западной Камчатки и в Северохоктоморском районе расположены в пределах шельфа, в зал. Шелихова над глубинами более 200 м.

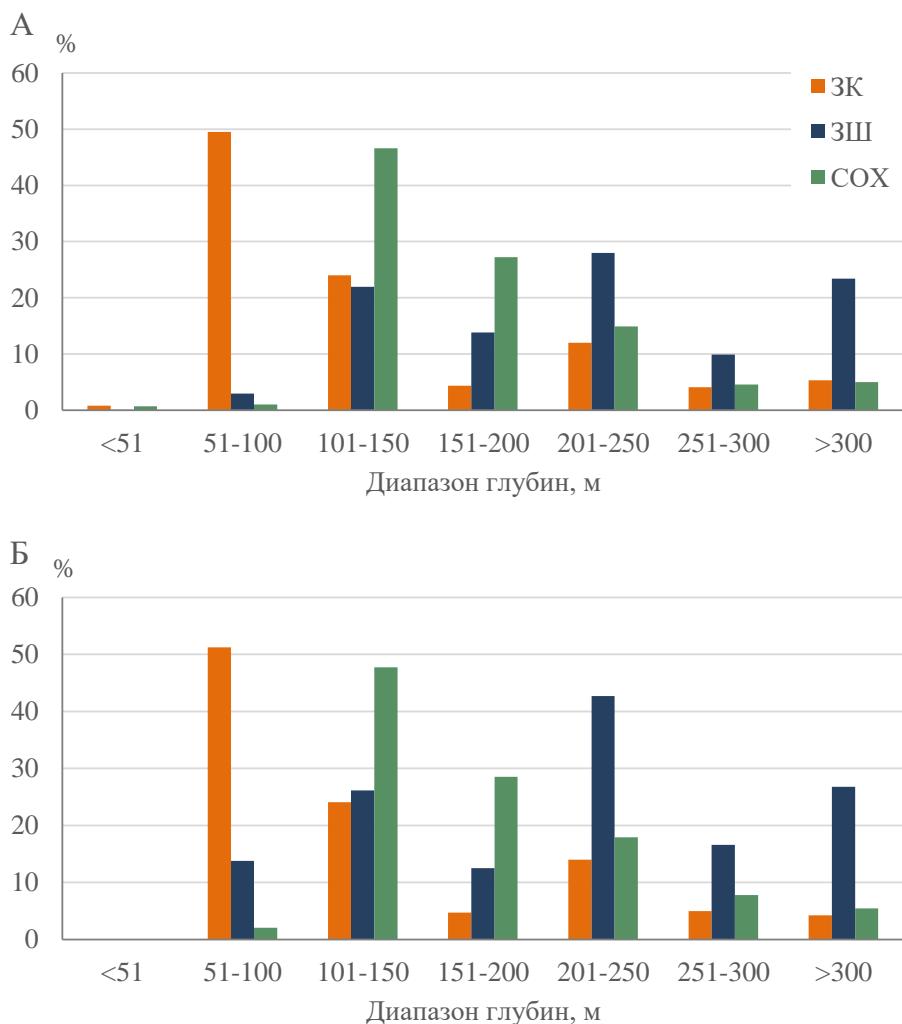


Рисунок 5.2 – Батиметрическое распределение икры минтая на всех стадиях развития по уловам ИКС–80 в среднем за 2011–2023 гг.  
(А–уловы шт./ $m^2$  на всех станциях, Б–уловы  $>1000$  шт./ $m^2$ )

В то же время распределение скоплений икры высокой плотности над глубинами на разных нерестилищах имело определенные различия. Так у западной Камчатки более 50% плотных концентраций расположено в диапазоне глубин 51–150 м (75%), а 22% встречалось южнее  $53^{\circ}00' с.ш.$  за пределами шельфа. В зал. Шелихова плотные скопления обнаружены над шельфовой зоной, а также над желобом Лебедя (глубины более 300 м), где находилось более 60% икры. В Северохоктоморском районе 76% плотных скоплений расположено над

глубинами в диапазоне 101–200 м, а над возвышенностью Лебедя (глубины более 200 м) сосредоточено до 31% икры.

Пространственное распределение и плотностные характеристики скоплений икры на ранних и поздних стадиях развития имело свои особенности (рисунок 5.3. таблица 17).

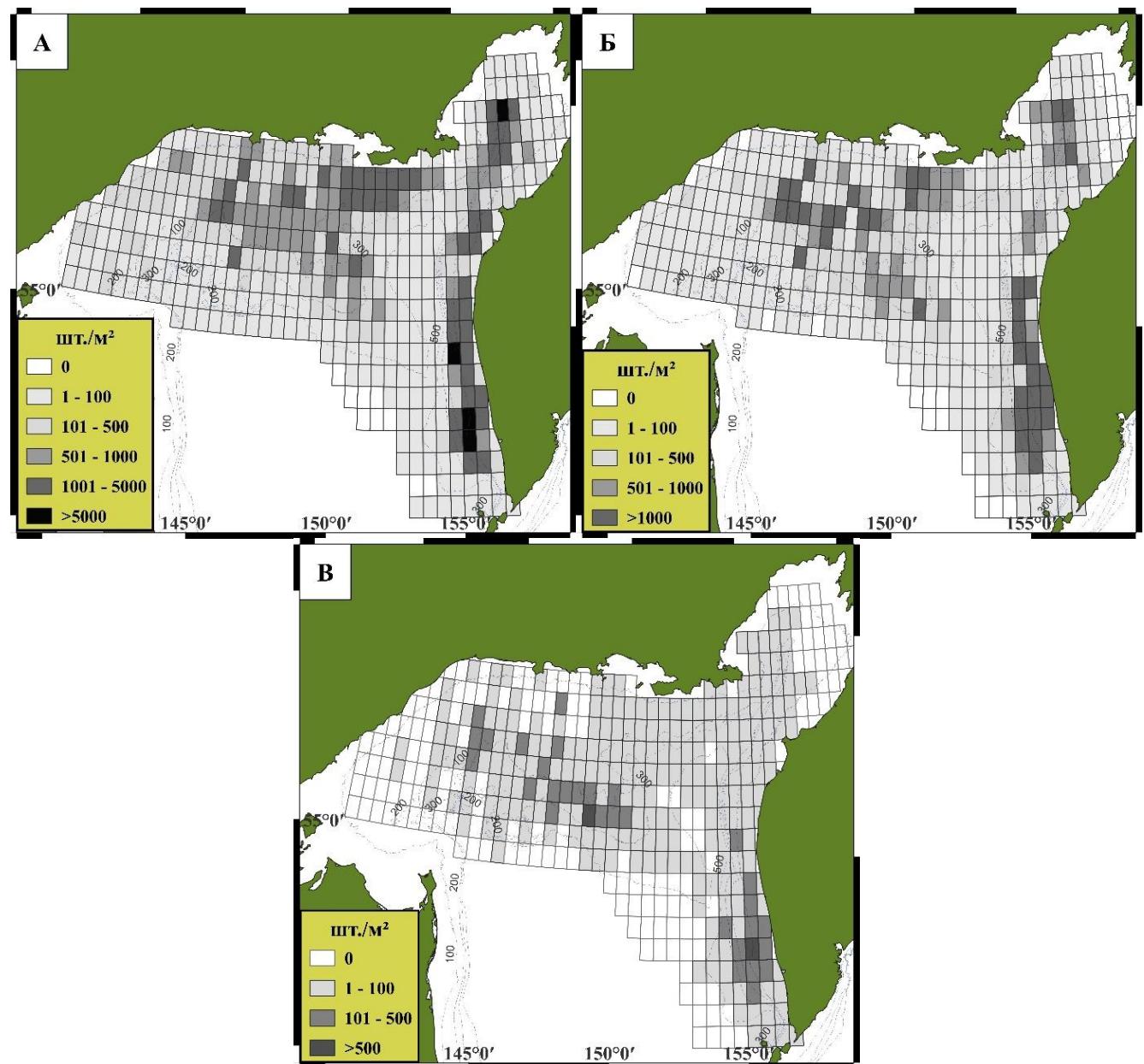


Рисунок 5.3 – Пространственное распределение икры минтая на I (А), II (Б) и III–IV (В) стадиях развития по уловам ИКС–80 в среднем за 2011–2023 гг.

Икра на ранних стадиях встречалась на большей площади исследованного полигона, за исключением некоторых мористых станций с нулевыми уловами.

Плотные концентрации икры на I и II стадиях наблюдались на всех рассматриваемых нерестилищах минтая в северной части моря. Отмечена высокая доля общей площади, приходящаяся на икру на ранних стадиях развития, во всех рассматриваемых районах (таблица 18). Однако за счет узости шельфа у западной Камчатки, нерестилище имеет меньшую площадь, в то же время границы района простираются и на глубоководную часть моря. В результате площадь, занимаемая икрой на ранних стадиях меньше, чем в остальных районах.

Тем не менее, наиболее плотные скопления отмечены у западной Камчатки и в зал. Шелихова. В Северохоктоморском районе при большей площади, занимаемой икрой, плотность скоплений несколько ниже. Икра на II стадии в отличие от I стадии распределена более разреженно, занимая меньшую площадь нерестилищ.

Таблица 18 – Доля от общей площади, занимаемая икрой на разных стадиях развития по уловам ИКС–80 в среднем за 2011–2023 гг., %

Район/стадия развития	Западная Камчатка	Залив Шелихова	Северохоктоморский район
I	83,5	89,3	96,8
II	74,4	67,7	85,1
III	41,5	26,1	41,0
IV	8,2	1,1	10,5

Плотные скопления икры ( $> 100$  шт./ $m^2$ ) на поздних стадиях (III и IV) присущи акваториям начала нереста и динамическим образованиям водных масс – антициклоническим вихрям. Как видно на рисунке 5.3 такие скопления расположены у западной Камчатки южнее  $55^\circ$  с.ш. и в Северохоктоморском районе за пределами шельфа – над возвышенностью Лебедя, и над шельфом западнее  $147^\circ$  в.д. Первое скопление в Северохоктоморском районе указывает на начало нереста над возвышенностью Лебедя, второе – на перенос икры течениям западного направления. В апреле-мае площадь, занимаемая икрой на поздних стадиях, значительно меньше относительно ранних стадий.

Анализ пространственного распределения икры на ранних и поздних стадиях развития дает представление о ходе нереста. Распределение икры на I и II стадиях, в силу их доминирования, повторяло распределение на всех стадиях, плотные скопления которых находились в шельфовой зоне. Однако положение скоплений на поздних стадиях указывает на начало нереста за пределами шельфа – преимущественно над возвышенностью Лебедя (изобата более 250 м), где сосредоточено в среднем до 30,5% икры.

Считается что акватория, расположенная за пределами шельфа, является неблагоприятной для развития икры и личинок по гидрологическим и трофологическим условиям (Овсянников, 2011). На протяжении рассматриваемого нами периода икра преимущественно была сконцентрирована над шельфовой зоной, а доля поздних стадий развития за пределами шельфа незначительна. В связи с чем, большее ее количество развивалось в благоприятных условиях.

*Преднерестовые самки* отмечены на большей части полигона исследований – от прибрежных до краевых мористых тралений (рисунок 5.4, таблица 19). Однако наиболее плотные скопления в пик нереста отмечены над шельфом у западной Камчатки между 52°–58° с.ш. В зал. Шелихова преднерестовый минтай мигрировал на нерест вдоль глубоководной ложбины в теплых водах северной ветви Западно-Камчатского течения. В Северохоктомуорском районе преднерестовые самки концентрировались в пределах притауйского шельфа между 150°–155° в.д. и над возвышенностью Лебедя. Над северохоктомуорским шельфом западнее 147° в.д. плотность преднерестовых самок незначительна.

В сроки проведения съемок плотностные характеристики распределения *нерестовых самок* значительно ниже остальных групп (рисунок 5.4, таблица 19). Однако встречаемость их на полигоне исследований достаточно высокая. Наиболее плотные скопления, определившие расположение основных нерестилищ в рассматриваемые годы, отмечены в пределах шельфа у западной Камчатки, в желобе зал. Шелихова и притауйском шельфе Северохоктомуорского района.

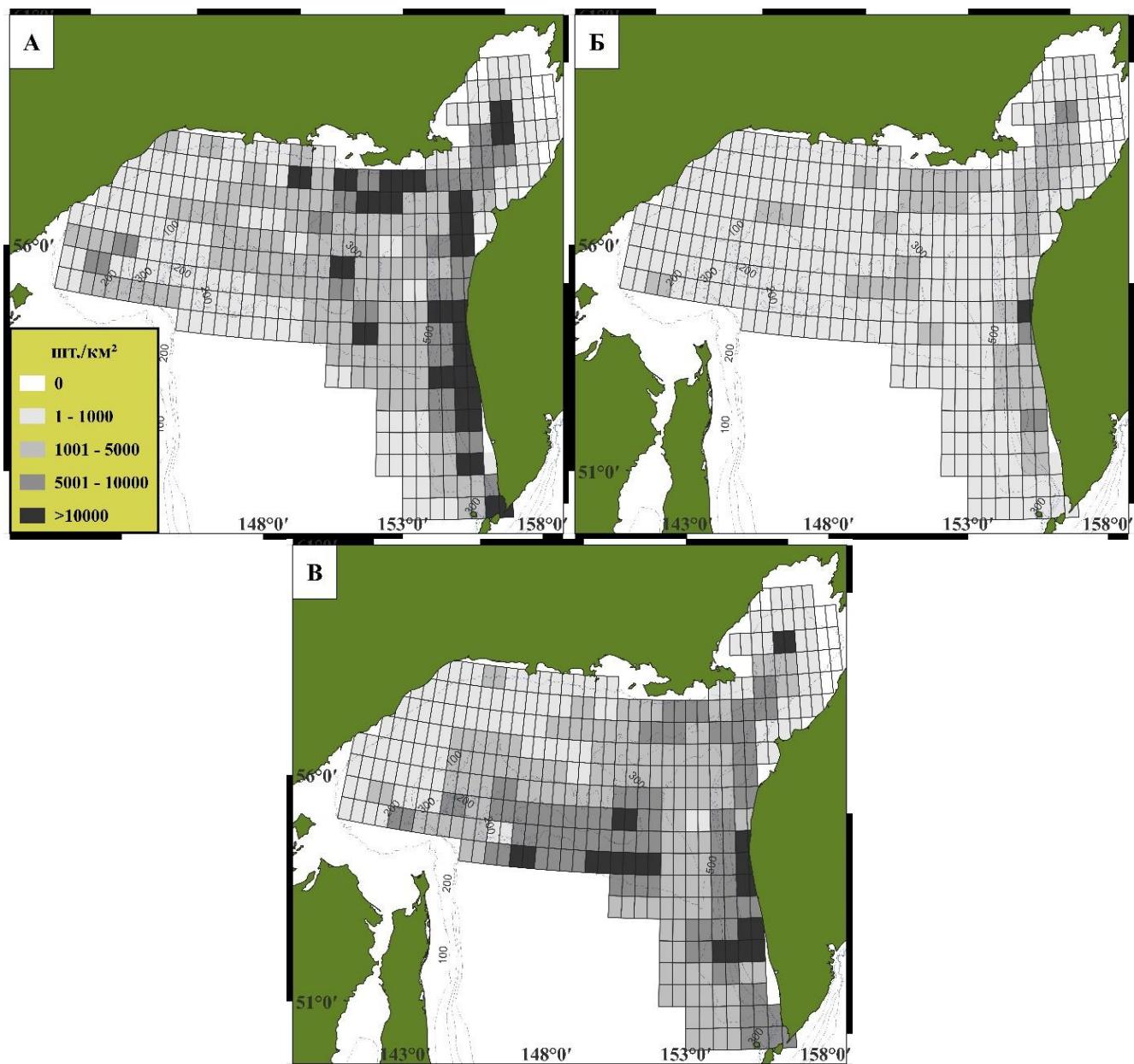


Рисунок 5.4 – Пространственное распределение преднерестовых (А), нерестовых (Б) и отнерестовавших (В) самок в северной части Охотского моря в среднем за 2011–2023 гг.

Распределение *отнерестовавших* самок имело отличительные черты для каждого из рассматриваемых нерестилищ. У западной Камчатки самки присутствовали в уловах от прибрежных до краевых мористых тралений. Плотные скопления отмечены между  $52^{\circ}00'$ – $55^{\circ}30'$  с.ш. над изобатами 150–200 м. – в местах агрегации икры плотностью выше 1000 шт./м<sup>2</sup>. Севернее скопления находились у входа в залив Шелихова между  $57^{\circ}$  и  $58^{\circ}$  с.ш.

Таблица 19 – Статистические показатели плотности скоплений самок минтая в среднем за 2011–2023 гг., шт./км<sup>2</sup>

Группа	Min	Max	M	SD	SE
Западная Камчатка					
Преднерестовые	14	1 029 212	20 452	56 406	1 842
Нерестовые	8	194 650	3 361	13 073	427
Отнерестовавшие	9	245 628	14 924	28 720	938
Залив Шелихова					
Преднерестовые	7	629 829	16 440	54 092	3 113
Нерестовые	8	117 424	3 171	10 473	603
Отнерестовавшие	7	145 747	10 423	23 874	1 374
Североохотоморский район					
Преднерестовые	10	584 116	9 266	31 792	776
Нерестовые	10	119 329	1 513	5 832	142
Отнерестовавшие	11	149 063	7 699	16 497	403
Северная часть Охотского моря					
Преднерестовые	7	1 029 212	13 566	43 894	811
Нерестовые	8	194 650	2 273	9 291	172
Отнерестовавшие	7	245 628	10 274	22 133	409

Примечание – Обозначения как в таблице 3

Непосредственно в зал. Шелихова плотные скопления самок с гонадами на стадии выбоя сосредоточены над глубоководным желобом. На периферии от него плотность была незначительна и не превышала 1000 шт./км<sup>2</sup>. На притауйском нерестилище отнерестовавшие самки находились в пределах шельфовой зоны с распределением и уменьшением плотности скоплений по направлению впадины ТИНРО. В Североохотоморском районе плотные скопления локализованы за пределами шельфовой зоны – над возвышенностью Лебедя и вдоль изобат 300–400 м до банки Кашеварова.

## 5.2 Межгодовые особенности распределения икры минтая

В водах у западной Камчатки распределение икры носило неравномерный характер. Скопления разной плотности расположены вдоль побережья от 51°30' с.ш. до входа в зал. Шелихова (рисунок 5.5–5.7). Наиболее плотные концентрации ( $>1000$  шт./ $m^2$ ) отмечались, как правило, между 52°00'–56°00' с.ш.

Из определённых Е.Е. Овсянниковым (2011) двух типов нереста у западной Камчатки – «южный» и «северный», в рассматриваемый период первый тип отмечен в 2011 г. – плотное скопление икры было расположено только южнее 54°00' с.ш. В 2012–2016 нерест протекал в водах у южной и средней части полуострова, достигая 56°00' с.ш. С 2017 по 2023 гг. плотные агрегации располагались в водах всей западной Камчатки. Как отмечал Е.Е. Овсянников «южный» тип нереста был ежегодным с 2004 г. Соответственно в совокупности с рассматриваемым нами периодом плотные скопления в западнокамчатских водах южнее 54°00' с.ш. наблюдались на протяжении 20 лет.

Высокая плотность скоплений икры отмечена в 2017 и 2019–2023 гг., составляя в среднем  $2781 \pm 298$  шт./ $m^2$  (приложение 7). В 2018 г. скоплениям была присуща наименьшая плотность –  $978 \pm 399$  шт./ $m^2$ . Во все остальные годы она в среднем составляла  $1367 \pm 146$  шт./ $m^2$ . В период с 2013 по 2015 гг. площадь, занимаемая икрой, была наименьшей и в среднем составляла 95,9 тыс.  $km^2$ . В остальные годы превышала 100 тыс.  $km^2$ .

В настоящее время уровень запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря считается высоким (Шейбак и др., 2022). Соответственно и учтенная численность икры в рассматриваемый период у западной Камчатки была высокой и колебалась от 95,8 до 462,6 трлн икринок, в среднем за весь период исследований составляя  $239,9 \pm 33,5$  трлн икринок (рисунок 5.8).

Сроки проведения ихтиопланктонных съемок на протяжении 13 лет были, примерно, одинаковы. Средняя дата выполнения большинства исследований приходилась на вторую половину апреля, считающуюся временем пика нереста минтая в водах у западной Камчатки (Фадеев, 1981, 1987).

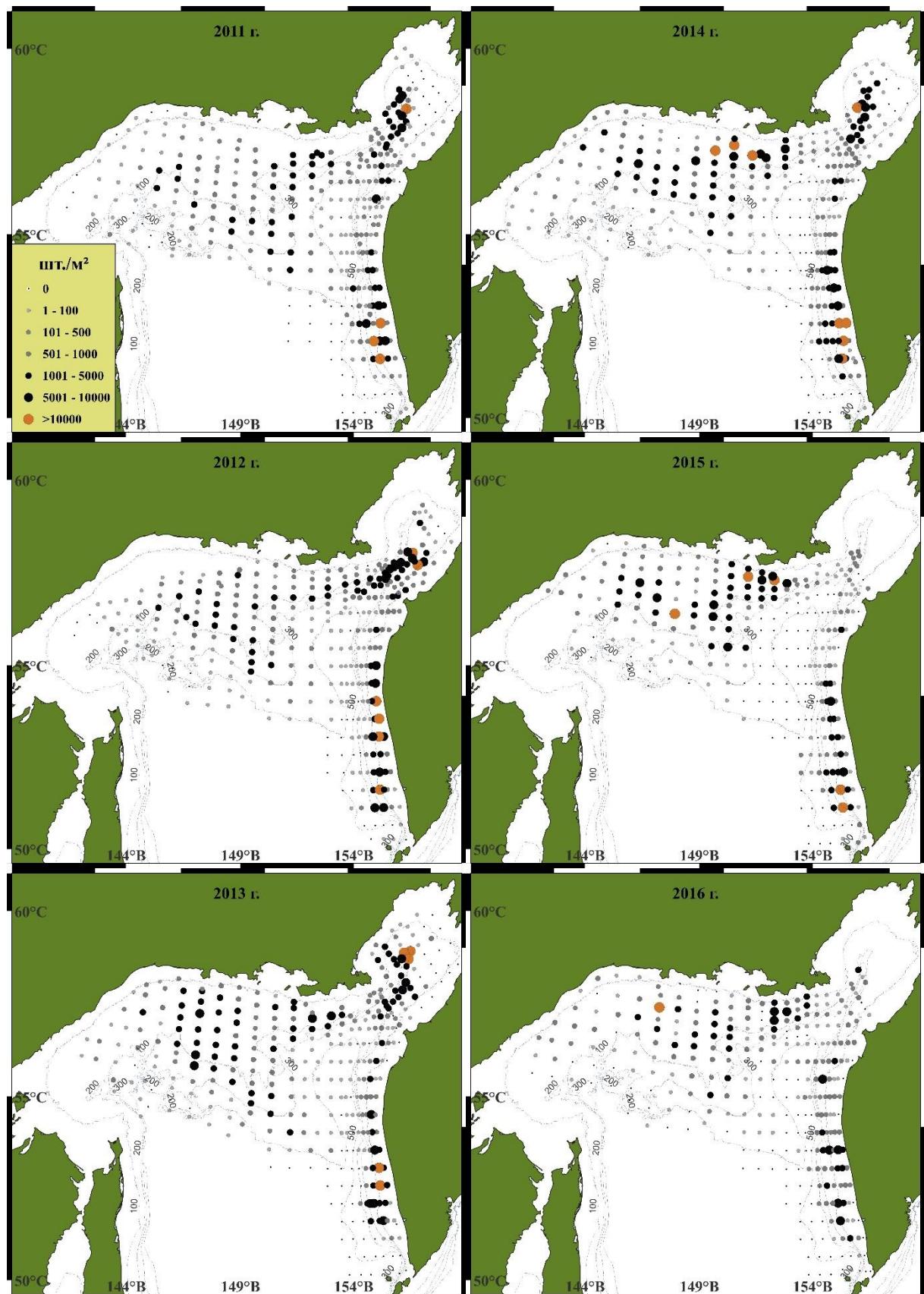


Рисунок 5.5 – Пространственное распределение икры минтая в северной части Охотского моря по уловам ИКС-80 в 2011–2016 гг.

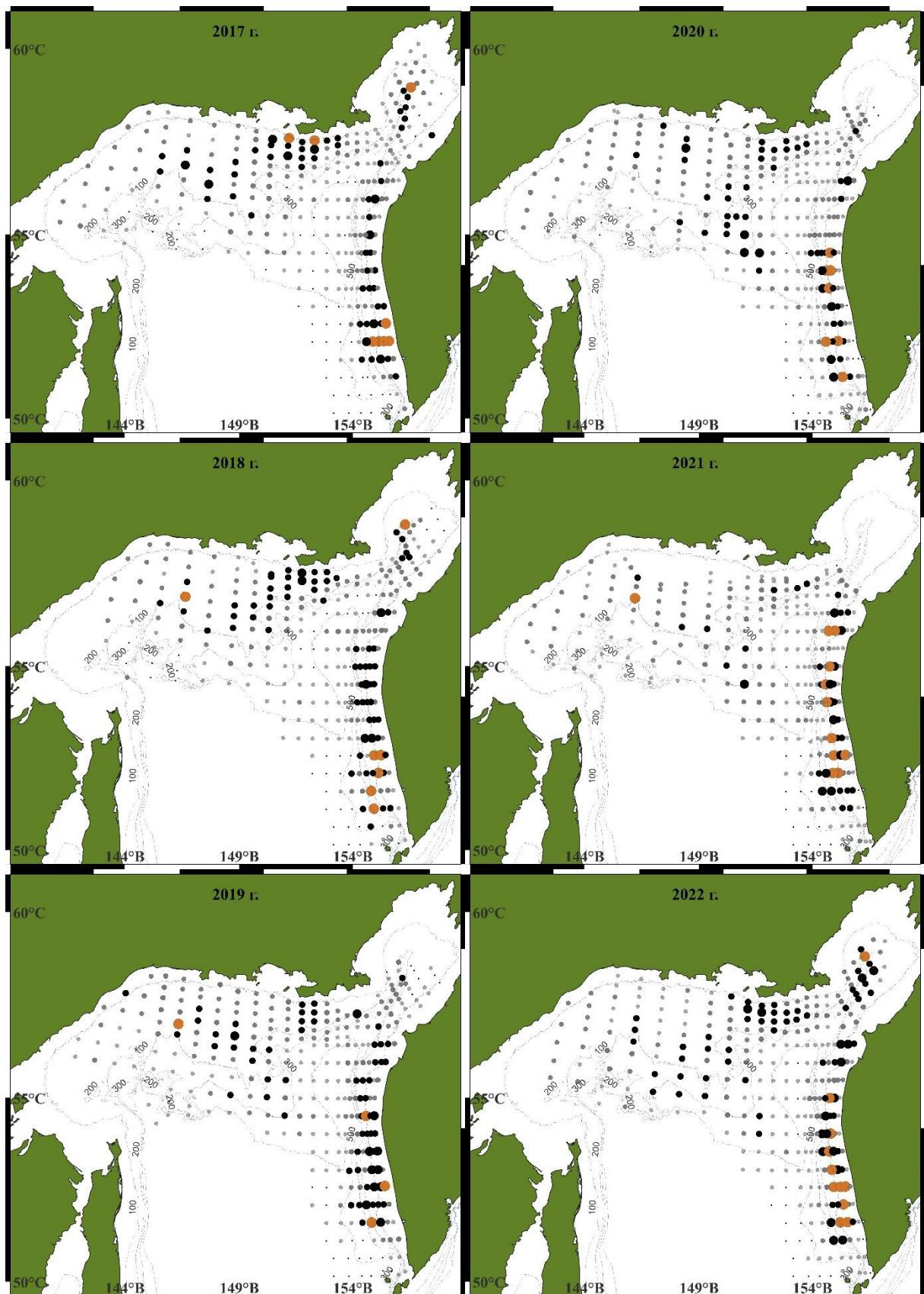


Рисунок 5.6 – Пространственное распределение икры минтая в северной части Охотского моря по уловам ИКС-80 в 2017–2022 гг.

Примечание – Градации как на рисунке 5.5

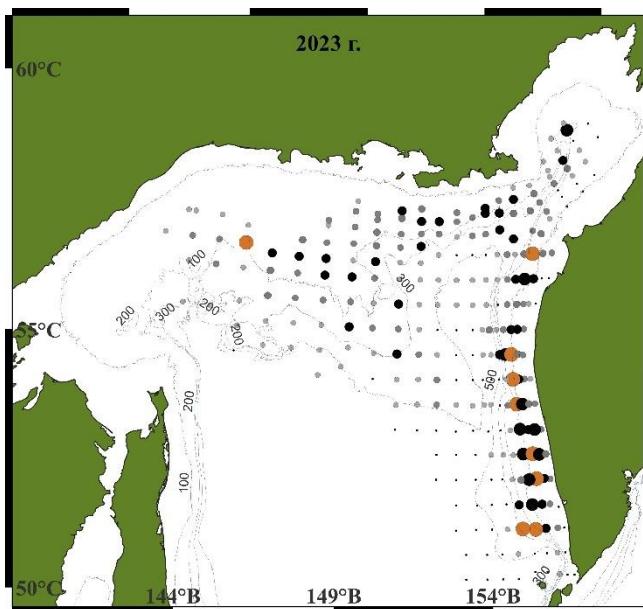


Рисунок 5.7 – Пространственное распределение икры минтая в северной части Охотского моря по уловам ИКС-80 в 2023 г.

Примечание: Градации как на рисунке 5.5

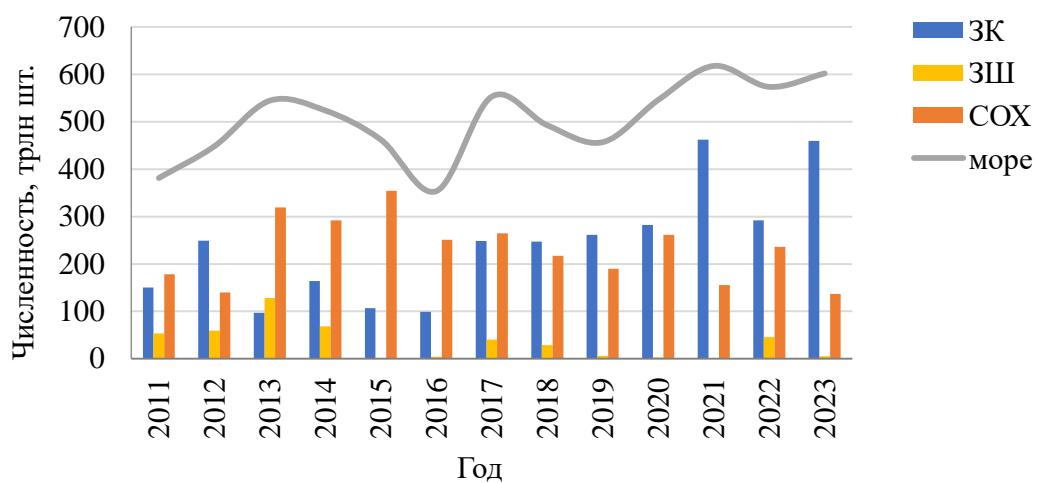


Рисунок 5.8 – Межгодовая динамика численности икры минтая, рассчитанной по уловам ИКС-80, в северной части Охотского моря

Соответственно по соотношению стадий развития икры и доли нерестовых и отнерестовавших самок можно судить о ходе нереста во время проведения съемки (приложение 7, 10). Преимущественно в уловах доминировала икра на I стадии развития. Однако в 2017, 2018 и 2022 гг. отмечено незначительное превосходство II стадии развития, что указывает на более ранний нерест минтая у западной Камчатки от среднемноголетних сроков. Доля икры на поздних стадиях

развития была незначительной, составляя в среднем для III стадии 2,8%, для IV – менее 1%. В 2016–2018, 2022 и 2023 гг. доля нерестовых и отнерестовавших самок превышала 50%, во все остальные годы в среднем составляла 44%. Стоить отметить, что наиболее высокие доли отнерестовавших самок наблюдались при выполнении ихтиопланкtonных съемок во второй половине апреля. При этом средняя дата выполненных работ приходилась на начало третьей декады апреля.

В силу того, что термические и гидрологические условия в Охотском море в рассматриваемый период относятся к теплым и малоледовитым, практически отсутствовало Компенсационное течение, и внутренний шельф вдоль западнокамчатского побережья был выхоложен не существенно (Коломейцев, 2020). В результате чего нерест минтая преимущественно проходил над изобатами 51–150 м. На протяжении 2010–2022 гг. А.С. Кровниным с соавторами (2022) зафиксирован рост средней температуры вод у западной Камчатки в слоях 50–100 м – от -0,2 до +0,6°C и 100–200 м – от +0,3 до +1,35°C, в которых проходит нерест минтая в весенний период, а также частично развивается его икра (рисунок 5.9).

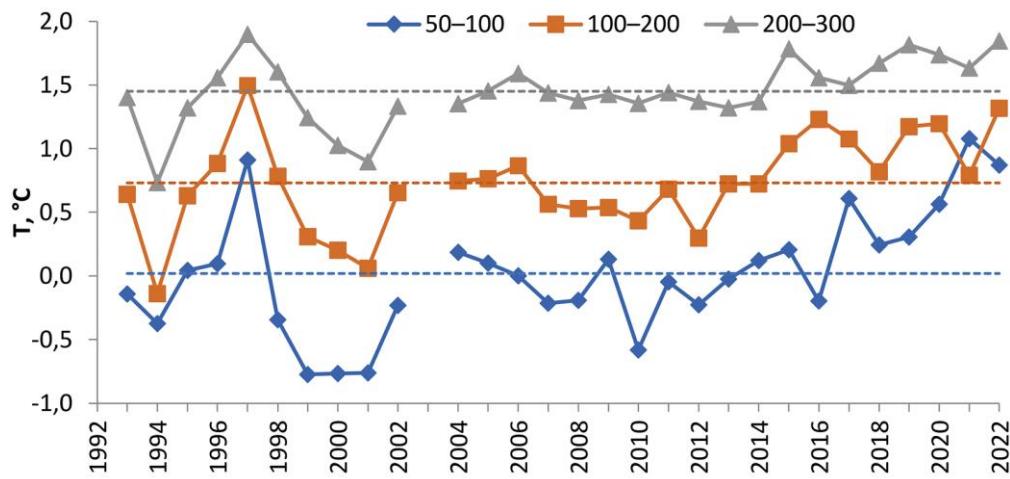


Рисунок 5.9 – Средняя температура вод в слоях 50–100, 100–200 и 200–300 м на шельфе и склоне западной Камчатки ( $50^\circ$ – $58^\circ$  с.ш.,  $154^\circ$ – $156^\circ$  в.д.) (Кровнин и др., 2022) Примечание – Пунктирными линиями показаны среднемноголетние значения температуры воды в каждом из слоев

Соответственно гидрологический режим в северной части Охотского моря в 2011–2022 гг., создавал благоприятные условия для развития и выживания икры в выростных зонах, расположенных в пределах шельфа.

Так как предыдущими исследованиями (Овсянников, 2011) выявлено, что дрейф икры с юга на север незначителен и большее количество икры остается в пределах нерестилищ, рассмотрим распределение икры на поздних стадиях развития, указывающих на расположение условных центров нереста у западной Камчатки.

Наши исследования указывают на то, что минтай начинал нереститься в большинстве рассматриваемых лет в водах между  $52^{\circ}00' - 56^{\circ}00'$  с.ш., расположенных над шельфовой зоной. В конце рассматриваемого периода начало нереста приобрело более масштабный характер – распределение скоплений икры достигало  $58^{\circ}00'$  с.ш. Однако максимальные уловы на поздних стадиях все же получены южнее  $56^{\circ}00'$  с.ш.

Ранее (1984–2009 гг.) не выявлена связь между уровнем численности минтая и расположения его центров нереста относительно южной или северной части полуострова (Овсянников, 2011). В большей степени скопления икры и нерест связан с гидрологическим режимом района и геострофической циркуляцией вод (Фигуркин, 2003).

В заливе *Шелихова* в годы с низкой ледовитостью, позволяющей максимально обследовать акваторию залива (2011–2014, 2017, 2018, 2022 и 2023 гг.), скопления икры были обнаружены в его центральной части над изобатами от 100 м и глубже (рисунок 5.5–5.7). Распределение икры на разных стадиях имело классический характер, т.е. основные концентрации на I стадии были сосредоточены над глубоководной желобом и в северной части залива в пределах шельфа. На поздних стадиях икра, в силу схемы циркуляции вод в заливе, оставалась в пределах желоба, либо была смещена на мелководье в его северо-западную часть.

В 2011–2014 гг. скопления икры на всех стадиях развития отмечались у входа в залив (рисунок 5.5). Некоторые исследователи (Шунтов и др., 1993;

Григорьев, 1994; Овсянников, 2011) связывают характерное распределение икры с частичным ее заносом из вод северо-западной Камчатки. По нашим данным в соответствии с распределением нерестовых и отнерестовавших самок минтая (рисунок 5.4), можно говорить о независимом нересте в отдельные годы в южной части залива.

Общие сроки исследований ихтиопланктона в заливе в 2011–2023 гг. оставались схожими. Средняя дата выполнения большинства съемок приходилась на начало первой декады мая. В 2011, 2012 и 2014 гг. по количеству учтенной икры, нерестовых и отнерестовавших самок наблюдался пик нереста минтая в заливе (приложение 8, 11). В последующие годы полного исследования акватории отмечено снижение суммарной доли нерестовых и отнерестовавших самок. В 2023 г. исследования в заливе проведены в ранние сроки – с 28 апреля по 2 мая, при этом суммарная доля нерестовых и отнерестовавших самок была одной из самых низких за рассматриваемый период – 29,9%, что указывает на отсутствие пика нереста.

Средний улов икры на всех стадиях развития варьировал от 194 до 2522 шт./м<sup>2</sup>. При этом в период с 2011 по 2014 гг. средний улов ( $2075 \pm 279$  шт./м<sup>2</sup>) был значительно выше последующего периода – 2015–2023 гг. ( $741 \pm 156$  шт./м<sup>2</sup>) Стоит отметить, что в результате проведения ихтиопланкtonных съемок в 2019 и 2023 гг. в более ранние сроки, учтено незначительное количество икры в заливе – 6,0 и 5,4 трлн икринок.

Площадь, занимаемая икрой в годы полного исследования акватории залива, в среднем составляла 93% от стандартного полигона в 49,3 тыс. км<sup>2</sup> (приложение 8).

Количество нерестового минтая в заливе значительно уступает уровню таковых у западной Камчатки и в Североохотоморском районе (Авдеев и др., 2001, 2005; Овсянников, Пономарев, 2014; Шейбак и др., 2022). Соответственно численность икры при максимальном обследовании акватории залива составляла в среднем  $53,8 \pm 12,5$  трлн шт. (рисунок 5.8). Однако в 2013 г. в заливе на площади 65,6 тыс. км<sup>2</sup> учтено в 1,3 раза больше икры, чем у западной Камчатки на площади

130,3 тыс. км<sup>2</sup>. Во второй половине 2010-х гг. средняя численность учтенои икры в заливе снизилась более чем в 2 раза.

Ежегодно время проведения ихтиопланкtonных съемок приходилось на первую декаду мая, что сопоставимо с ранее проводимыми съемками в заливе (Овсянников, 2011). Соответственно соотношение между стадиями развития икры ежегодно было на одном уровне. В уловах превалировала икра на I стадии, составляя в среднем 79,2% от учтенои численности. Доля поздних стадий развития, как правило, составляла менее 1%. Как показали исследования, проведенные в третьей декаде апреля в 1984–2009 гг., в уловах превалировала I стадия развития икры (91%) (Овсянников, 2011), а во второй декаде мая – поздние стадии развития. Соответственно полученные нами результаты указывают на оптимальные сроки проведения учетных работ в заливе, приходящиеся на первую декаду мая, когда наблюдается пик нереста.

Как правило, ихтиопланкtonные съемки в *Североохотоморском районе* охватывали всю акваторию нерестилища. В некоторые годы, по причине наличия льда, частично был недоступен притауйский шельф и акватория у Шантарских островов. Тем не менее, икра распределена по акватории района достаточно широко – от изобат менее 100 м до глубоководных районов – возвышенность Лебедя и впадины Дерюгина (над изобатами более 300 м) (рисунок 5.5–5.7). Плотные скопления традиционно располагались у Тауйской губы между 144°–148° в.д. и над возвышенностью Лебедя. В первом районе над глубинами 100–200 м, во втором над глубинами более 300 м.

Средняя плотность скоплений икры составляла  $766 \pm 37$  шт./м<sup>2</sup> (приложение 9). При этом максимальная средняя плотность отмечена в 2015 г. – 1578 шт./м<sup>2</sup>. Площадь, занимаемая икрой, составляла в среднем 97% от площади обследованного полигона, из которых на скопления более 1000 шт./м<sup>2</sup> приходилось 19,8%.

Несмотря на достаточно обширный полигон исследований, средняя численность учтенои икры составляла  $230,5 \pm 19,1$  трлн шт., что сопоставимо с уровнем периода 1984–1992 гг. (Овсянников, 2011). Также среднее значение

численности икры в Североохотоморском районе за рассматриваемый период сопоставимо с численностью у западной Камчатки, что указывает на равнозначность рассматриваемых районов в воспроизводстве минтая в северной части Охотского моря.

Ихтиопланктонные съемки выполнялись в конце первой – начале третьей декады мая, при этом средняя дата в большинстве лет приходилась на начало второй декады. В это время превалировали ранние стадии развития икры, поздние составляли не более 3,5%. В результате проведения ихтиопланктонной съемки в 2023 г. в наиболее ранние сроки (3–15 мая) за весь период исследований, суммарная доля нерестовых и отнерестовавших самок составляла всего 28,8% (приложение 12). Соотношение стадий развития икры и количество нерестовых и отнерестовавших самок указывает на то, что пик нереста минтая в Североохотоморском районе приходился на середину мая.

### **5.3 Сравнительный анализ результатов обловов икры минтая сетями ИКС-80 и БСД**

Весенние ихтиопланктонные съемки в Охотском море являются источником первичных данных, которые в дальнейшем используются в расчетах запаса минтая. Некоторыми исследователями проведены работы, касающиеся сравнения улавливаемости зоопланктона гидробиологическими сетями различных конструкций (Колосова, 1980; Виноградов, Горбунова, 1983; Мусаева, Незлин, 1995; Пискунов, 2003; Горбатенко, Долганова, 2007 и др.). Ранее проведен сравнительный анализ уловов икры минтая в Беринговом море при выполнении вертикальных и поверхностных обловов ИКС-80 (Булатов, 1982) и вертикальных обловов ИКС-80 и Бонго (Григорьев, 2006). Однако в литературе отсутствует сравнительная характеристика уловистости икры минтая ИКС-80 и БСД в Охотском море.

При выполнении учетных съемок в 2011–2023 гг. в северной части Охотского моря использовались две модели планктонных сетей – ИКС-80 и БСД.

Последовательные вертикальные обловы сетями выполнялись на протяжении всего периода съемок, что позволило на основе значительного количества собранного материала сопоставить величины уловов икры за длительный период. Для определения оптимального орудия лова икры минтая сопоставлены количественные характеристики икры в уловах этих сетей.

Рассматриваемые нами типы сетей существенно отличаются между собой по конструкции, что сказывается на их фильтрующей способности (Горбатенко, Долганова, 2007). По данным этих же авторов сравнение уловистости зоопланкtonных сетей БСД и океанской модели сети Джеди (ДжОМ), последняя из которых имеет схожие конструктивные параметры с ИКС-80, показало низкие уловы зоопланктона БСД, что связано с малым диаметром ( $0,1\text{ м}^2$ ) входного отверстия. Однако больший диаметр ДжОМ ( $0,5\text{ м}^2$ ) позволяет более эффективно улавливать активных зоопланктеров. Как известно икра минтая относится к ихтиопланктону, на скопления которого в большей степени влияет гидрологический режим на нерестилищах, а способность избегать активные орудия лова у него отсутствует. Соответственно величина уловов икры рассматриваемых типов сетей может зависеть от их фильтрующей способности. Несмотря на малый диаметр входного отверстия конусообразная конструкция БСД при скорости подъема  $0,7\text{--}1\text{ м/с}$  позволяет более эффективно улавливать менее подвижные группы организмов, к которым относится ихтиопланктон (Горбатенко, Долганова, 2007).

По обобщенным за 2011–2023 гг. количественным характеристикам уловов БСД основные скопления икры на всех стадиях развития наблюдались у западной Камчатки, в зал. Шелихова и Северохоктомуорском районе (рисунок 5.10, таблица 20). Наибольшую площадь плотные скопления ( $> 5000\text{ шт./м}^2$ ) занимали у западной Камчатки и значительно меньшую в заливе Шелихова и Северохоктомуорском районе. У западной Камчатки икра в большей степени распределена в пределах внутреннего шельфа, в заливе Шелихова – в глубоководном каньоне, а в Северохоктомуорском районе – в пределах шельфовой зоны и над возвышенностью Лебедя.

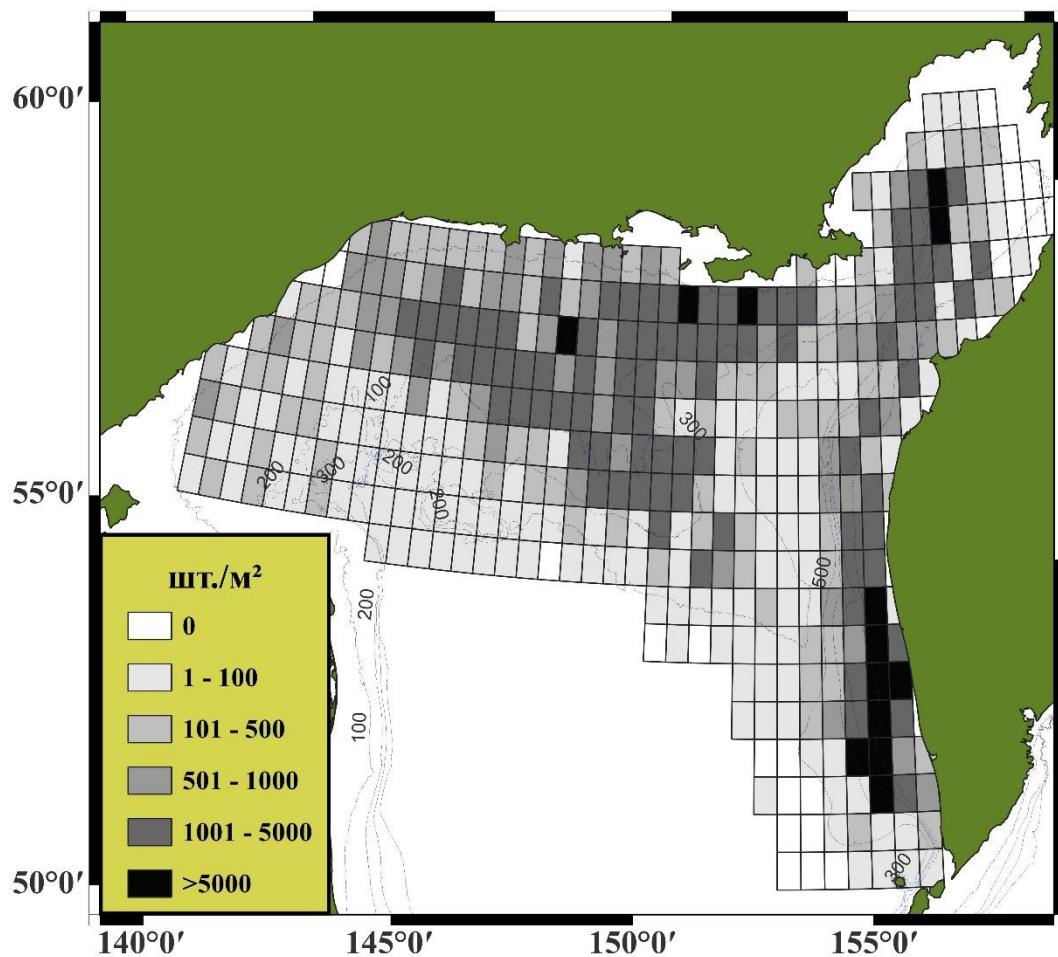


Рисунок 5.10 – Пространственное распределение икры минтая на I-IV стадиях развития по уловам БСД в северной части Охотского моря в среднем за 2011–2023 гг.

Минимальный улов икры на всех стадиях развития БСД на всех рассматриваемых нерестилищах составлял 10 шт./м<sup>2</sup>, максимальный улов у западной Камчатки получен в 2023 г. – 95820 шт./м<sup>2</sup>, в зал. Шелихова в 2018 г. – 44980 шт./м<sup>2</sup> и в Североокхотоморском районе в 2017 г. – 36460 шт./м<sup>2</sup> (таблица 20, 21).

Таким образом, общее распределение икры минтая в северной части Охотского моря по уловам БСД схоже с таковым распределением по уловам ИКС-80 (рисунок 5.1 и 5.10), что дает возможность провести дальнейший анализ их уловистости и рассчитать численность икры.

Таблица 20 – Статистические показатели плотности скоплений икры минтая на разных стадиях развития по уловам БСД в среднем за 2011–2023 гг., шт./км<sup>2</sup>

Стадия развития	Кол-во станций	Min	Max	M	SD	SE
Западная Камчатка						
I	545	10	88525	2074	7560	324
II	463	10	27290	1281	3133	146
III	197	10	5582	212	604	43
IV	47	10	2298	100	342	50
<b>I-IV</b>	<b>598</b>	<b>10</b>	<b>95820</b>	<b>3020</b>	<b>8943</b>	<b>366</b>
Залив Шелихова						
I	213	10	40480	1735	4363	299
II	185	10	19517	783	2041	150
III	63	10	232	41	50	6
IV	2	10	12	8	6	4
<b>I-IV</b>	<b>225</b>	<b>10</b>	<b>44980</b>	<b>2323</b>	<b>5182</b>	<b>345</b>
Североохотоморский район						
I	1099	10	35002	649	1776	54
II	888	10	13299	422	1082	36
III	320	10	3150	111	283	16
IV	68	10	911	52	135	16
<b>I-IV</b>	<b>1205</b>	<b>10</b>	<b>36460</b>	<b>1015</b>	<b>2350</b>	<b>68</b>

Примечание – Обозначения как в таблице 3

Сравнение среднего улова икры на 1 м<sup>2</sup> на совпадающих станциях показало, что у БСД он в среднем выше в 1,3 раза, чем у ИКС-80 (таблица 21). Наибольшая разность в средних уловах наблюдалась в 2012, 2017, 2020 и 2023 гг.

Для подтверждения установленной уловистости сетей проведен статистический анализ данных (таблица 21). Проверка ряда данных (уловов по совпадающим станциям) на нормальность распределения с помощью теста Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk) при уровне значимости  $p>0,05$  (Shapiro at al., 1968) показала, что выборки удовлетворяли критериям нормального распределения во все годы наблюдений.

Таблица 21 – Статистические результаты двухвыборочного анализа по критерию Стьюдента (t-тест) и теста Шапиро-Уилка (w-тест) уловов икры минтая сетями ИКС-80 и БСД на совпадающих станциях в северной части Охотского моря, шт./м<sup>2</sup>

Год	Кол-во станций	ИКС-80						БСД						t эмпир.	t крит.	P
		Min	Max	M	SD	SE	W-test	Min	Max	M	SD	SE	W-test			
2011	182	2	18684	1047	2244	166	0,476	10	24320	1413	3268	242	0,436	1,244	1,967	0,214
2012	176	2	30574	1557	3464	261	0,472	10	35440	2389	5407	408	0,487	1,720	1,967	0,086
2013	182	2	29676	1433	3328	247	0,442	10	27910	1591	3352	248	0,480	0,452	1,967	0,651
2014	151	2	13124	1429	2587	210	0,585	10	18870	1652	3364	274	0,506	0,646	1,968	0,519
2015	131	2	18124	1345	3004	262	0,481	10	23880	1800	3864	338	0,499	1,064	1,969	0,288
2016	121	2	14929	1013	1793	163	0,561	10	16870	1169	2084	189	0,564	0,622	1,970	0,534
2017	170	2	15886	1070	2486	195	0,460	10	36460	1800	4632	364	0,401	1,765	1,967	0,078
2018	160	2	28878	1271	3334	264	0,387	10	44980	1564	4790	379	0,298	0,635	1,967	0,526
2019	135	2	40562	1318	3898	335	0,306	10	67510	1631	6057	521	0,217	0,505	1,969	0,614
2020	163	2	10682	879	1727	135	0,540	10	45480	1455	4187	328	0,329	1,621	1,967	0,106
2021	136	2	116792	2356	10816	927	0,205	10	94310	2510	9560	820	0,269	0,125	1,969	0,901
2022	162	2	16473	1112	2313	182	0,509	10	24850	1462	3106	244	0,492	1,148	1,967	0,252
2023	109	4	81897	2381	9667	926	0,248	10	95820	3523	13396	1283	0,253	0,722	1,971	0,471

Примечание – Min – минимум, Max – максимум, M – среднее, SD – стандартное отклонение, SE – стандартная ошибка, W-test – значения теста Шапиро-Уилка, t эмпир. и t крит. – значения критерия Стьюдента, P – уровень достоверности.

Сравнение плотности икры на совпадающих станциях проводили с помощью двухвыборочного анализа проверки нулевой гипотезы ( $H_0$ ), допускающей отсутствия различия между сравниваемыми величинами уловов икры на 5% уровне значимости ( $p>0,05$ ) с помощью двухвыборочного  $t$ -критерия (критерия Стьюдента). Альтернативная гипотеза ( $H_1$ ) включала условие неравенства уловов.

Результаты двухвыборочного анализа указывают на статистически достоверное сходство величины уловов ИКС-80 и БСД во все рассматриваемые годы ( $p>0,05$ ) (таблица 21). При этом достоверность сходства была наиболее приближена к 5% уровню в 2012 г. ( $p=0,086$ ) и 2017 г. ( $p=0,076$ ).

В результате наших исследований показано, что на скопления икры с плотностью более 1000 шт./ $m^2$  приходится более 70% ее учтенной численности. Для выяснения достоверной разности уловов сетей на плотных скоплениях ( $> 1000$  шт./ $m^2$ ) провели аналогичные исследования с применением двухвыборочного анализа проверки нулевой гипотезы с помощью  $t$ -критерия. Результаты анализа показали, что в 2 из 13 случаях выявлены достоверные различия в величине уловов, приходящиеся на 2012 г. ( $p= 0,033$ ) и 2020 г. ( $p=0,049$ ) (таблица 22). Стоит отметить, что достоверность различия уловов была статистически приближена к 5% уровню в 2017 г. (0,068).

В 2011, 2015, 2017, 2019, 2021 и 2023 гг. разница между средними уловами ИКС-80 и БСД составляла более 1000 икринок, что относительно других сравниваемых выборок являлась существенным расхождением (таблица 22). Однако результаты тестирования определили сравниваемые выборки в группу схожих между собой ( $p>0,05$ ).

На основании анализа, подтвердившего в большинстве случаев статистически недостоверную разницу уловов икры ихтиопланктонной и зоопланктонной сетями, выполнен расчет численности икры в 2011–2023 гг. по уловам БСД (таблица 23). Как видно из представленных данных численность икры, рассчитанная по уловам БСД, была в среднем в 1,3 раза выше, чем по уловам ИКС-80. Наибольшая разница в расчетах отмечена в 2012, 2019, 2020 и 2023 гг., что сопоставимо с достоверной разностью уловов сетей в 2012 и 2020 гг.

Таблица 22 – Статистические результаты двухвыборочного анализа по критерию Стьюдента (t-тест) уловов икры минтая (> 1000 шт./м<sup>2</sup>) сетями ИКС-80 и БСД на совпадающих станциях в северной части Охотского моря

Год	К-во станций	ИКС-80					БСД					t эмпир.	t крит.	P
		Min	Max	М	SD	SE	Min	Max	М	SD	SE			
2011	44	1088	18684	3514	3560	537	1080	24320	4787	5399	814	1,305	1,988	0,195
2012	47	1018	30574	4895	5382	785	1070	35440	7994	8177	1193	2,170	1,986	<b>0,033</b>
2013	45	888	29676	4796	5439	811	1030	27910	5120	5342	796	0,285	1,987	0,776
2014	47	1092	13124	4025	3405	497	1010	18870	4603	4868	710	0,668	1,986	0,506
2015	32	1084	18124	4747	4659	824	1090	23880	6327	5846	1033	1,195	1,999	0,236
2016	31	1000	5325	2716	1220	219	1130	8400	3146	1598	287	1,191	2,000	0,238
2017	33	1020	14192	3935	3542	617	1140	36460	6835	8228	1432	1,860	1,998	0,068
2018	40	1008	28878	4401	5629	890	1230	34830	4570	6143	971	0,128	1,991	0,899
2019	35	1019	40562	4230	6873	1162	1050	67510	5325	11192	1892	0,493	1,995	0,623
2020	33	1122	10682	3461	2498	435	1420	25480	5363	4970	865	2,050	1,998	<b>0,049</b>
2021	19	1155	116792	15373	25849	5930	1910	94310	16458	21123	4846	0,142	2,028	0,888
2022	35	1068	16473	4047	3618	611	1080	24850	4904	5158	872	0,805	1,995	0,424
2023	21	1027	81897	11528	19890	4340	1300	95820	16110	27559	6014	0,618	2,021	0,540

Примечание – Обозначения как в таблице 21

Таблица 23 – Численность икры минтая в северной части Охотского моря, рассчитанная по уловам сети БСД, трлн шт.

Год/район	ЗК	ЗШ	СОХ	Сумма
2011	139,0	99,4	205,0	443,4
2012	391,7	123,4	195,5	710,6
2013	165,1	127,1	336,9	629,1
2014	167,7	65,4	383,5	616,6
2015	186,6	3,0	406,4	596,0
2016	90,9	3,0	316,1	410,0
2017	305,1	30,9	424,5	760,5
2018	319,0	127,3	214,6	660,9
2019	570,2	5,7	196,4	772,3
2020	493,5	3,8	382,6	879,9
2021	568,9	-	223,8	792,7
2022	280,4	68,9	335,2	684,5
2023	643,8	8,2	244,1	896,1

В целом на протяжении рассматриваемого периода функционировали все основные нерестилища минтая в северной части Охотского моря. Икра на ранних стадиях развития встречалась на большей площади исследованного полигона. В то же время скопления поздних стадий занимали меньшую площадь, а наиболее плотные их концентрации, указывающие на начало нереста, отмечены в водах у южной оконечности п-ва Камчатка, над североохотоморском шельфом и возвышенностью Лебедя. Плотные скопления икры у западной Камчатки и в Североохотоморском районе обнаружены не только в пределах внутреннего шельфа, но и над изобатами более 250 м. В то же время в зал. Шелихова минтай нерестился как в глубоководном желобе, так на шельфе его северной части. Помимо заноса икры из вод западной Камчатки, пространственное распределение икры и производителей указывает на самостоятельный нерест минтая в южной части залива Шелихова. Плотностным характеристикам скоплений икры присуща

межгодовая динамика. Во второй половине 2010-х гг. средняя плотность икры находилась на уровне 1980-х гг. У западной Камчатки средняя плотность икры на I–IV стадиях развития по уловам ИКС-80 составляла 2155 шт./м<sup>2</sup>, в зал. Шелихова – 1361 шт./м<sup>2</sup> и в Североохотоморском районе – 766 шт./м<sup>2</sup>.

Анализ межгодовой динамики соотношения стадий развития икры и долей преднерестовых, нерестовых и отнерестовавших самок минтая показал, что пик его нереста у западной Камчатки приходился на третью декаду апреля, в зал. Шелихова – на первую декаду мая и в Североохотоморском районе – на середину второй декады мая. Также выявлено, что оптимальным периодом для проведения комплексных исследований у западной Камчатки является 15–30 апреля, в зал. Шелихова – 1–10 мая, а в Североохотоморском районе – 10–25 мая.

Пространственное распределение самок с гонадами на разных стадиях развития определило расположение основных нерестилищ и направлений нагульных миграций от западнокамчатского и североохотоморского шельфа в мористую часть.

Сравнительный анализ уловов икры различными типами сетей на всех совпадающих станциях определил отсутствие достоверных различий между ними. В то же время сравнение уловов на скоплениях икры более 1000 шт./м<sup>2</sup> определило достоверное их различие в 2012 и 2020 гг. Как видно из представленных данных за весь период исследований численность икры, рассчитанная по уловам БСД, в среднем выше в 1,3 раза, значений, полученных по уловам ИКС-80. Таким образом, проведенный анализ определил возможное применение в расчетах запаса минтая ихтиопланктонным методом результатов вертикальных обловов икры сетью БСД.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что плотностные характеристики скоплений минтая в зимне-весенний период имели выраженные пространственные различия. Наиболее плотные агрегации расположены в северо-восточной части моря – у западной Камчатки и в зал. Шелихова.

2. Динамика численности и биомассы североохотоморского минтая имела межгодовые различия. В начале 2010-х гг. отмечено снижение запаса до минимальных значений за рассматриваемый период. При этом максимальный уровень численности зафиксирован в 2014 г., биомассы – в 2021 г. На протяжении второго десятилетия XXI века наблюдалось равное распределение нерестовой биомассы минтая между северо-восточной и северо-западной частями моря. В 2011–2023 гг. общий запас минтая в северной части Охотского моря находился на высоком уровне.

3. Анализ размерно-возрастного состава североохотоморского минтая показал его неоднородность в северо-восточной и северо-западной частях моря. Межгодовая динамика связана с появлением и элиминацией поколений различной урожайности. В 2010-е гг. основу нерестового запаса составляли особи высокочисленных поколений 2004–2005, 2011 и 2013 гг. Размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах в Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах имеет общие черты.

4. В среднемноголетнем аспекте самцы североохотоморского минтая становились половозрелыми при меньшей длине, чем самки. В то же время возраст первого, массового и полного полового созревания у обоих полов был идентичен. С января по апрель в промысловых скоплениях преобладали преднерестовые особи, доля которых снижалась к пику нереста. Отмечено межгодовое варьирование скорости полового созревания в 2011–2023 гг.

5. Установлено, что на протяжении рассматриваемого периода функционировали нерестилища североохотоморского минтая, расположенные у западной Камчатки, в зал. Шелихова и Североохотоморском районе.

Плотностным характеристикам скоплений икры присуща межгодовая динамика, с локализацией максимальных скоплений в северо-восточной части Охотского моря. Преднерестовые и нерестовые самки имели схожее пространственное распределение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авдеев, Г.В. Основные черты динамики численности минтая в северной части Охотского моря в 90-е гг. / Г.В. Авдеев, А.В. Смирнов, С.Л. Фронек // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 207–221.

Авдеев, Г.В. Результаты оценки запаса минтая в северной части Охотского моря по ихтиопланктонной съемке в 2004 г. / Г.В. Авдеев, С.Л. Овсянникова, Е.Е. Овсянников // Вопр. рыболовства. – 2005. – Т. 6, № 2 (22). – С. 298–325.

Авдеев, Г.В. Современное состояние запасов и перспективы промысла минтая в северной части Охотского моря / Г.В. Авдеев, Е.Е. Овсянников, С.Л. Овсянникова // Совр. состояние водн. биоресурсов: мат-лы научн. конф. посвящ. 70-летию С.М. Коновалова. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. – С. 9–13.

Аксютина, З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях / З.М. Аксютина – М.: Пищевая пром-ть, 1968. – 288 с.

Алексеев, Ф.Е. Определение стадий зрелости гонад и изучение половых циклов, плодовитости, продукции икры и темпа полового созревания у морских промысловых рыб: метод. Пособие / Ф.Е. Алексеев, Е.И. Алексеева – Калининград: АтлантНИРО, 1996. – 75 с.

Андряшев, А.А. Рыбы северных морей СССР / А.А. Андряшев – М., Л.: АН СССР, 1954. – 566 с.

Антонов, Н.П. Плодовитость восточнокамчатского минтая / Н.П. Антонов // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. – Владивосток: ТИНРО, 1987. – С. 133–137.

Антонов, Н.П. Минтай Охотского моря: история промысла и современное состояние / Н.П. Антонов, Е.В. Кузнецова, П.О. Емелин // Труды ВНИРО. – 2022. – № 189. – С. 120–133.

Атлас количественного распределения нектона в Охотском море / под. ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. – М.: Нац. рыб. ресурсы, 2003. – 1038 с.

Балыкин, П.А. Плодовитость минтая западной части Берингова моря / П.А. Балыкин // Вопр. ихтиол. – 1986. – Т. 26, вып. 1. – С. 73–78.

Балыкин, П.А. Тенденция в изменении запасов минтая в восточной части Охотского моря и их современное состояние / П.А. Балыкин, А.В. Буслов, А.И. Варкентин, О.Г. Золотов // Тез. Докл. 8-й Всерос. конф. по проблемам рыбопром. прогнозирования. – Мурманск: ПИНРО, 2001. – С. 13–14.

Бондаренко, А.Л. О крупномасштабных течениях Охотского моря и их природе / А.Л. Бондаренко, Н.И. Рудых // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 12. – С. 74–79.

Борец, Л.А. Плодовитость минтая залива Аляска / Л.А. Борец // Исследования по биологии рыб и промысловый океанографии. – Владивосток: ТИНРО, 1978. – Вып. 9. – С. 88–91.

Борец, Т.М. Распределение личинок минтая в северной части Охотского моря / Т.М. Борец, А.В. Смирнов // Тресковые дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1986. – С. 60–68.

Бизиков, В.А. Географическая информационная система «Картмастер» / В.А. Бизиков, С.М. Гончаров, А.В. Поляков // Рыбное хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 96–99.

Булатов, О.А. Сравнительный анализ результатов поверхностных и вертикальных обловов ихтиопланктона сетью ИКС-80 / О.А. Булатов // Биол. моря. – 1982. – № 6. – С. 46–49.

Буслов, А.В. Рост минтая и размерно-возрастная структура его популяции: монография / А.В. Буслов. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2005. – 226 с.

Буслов, А.В. О нересте минтая (*Theragra chalcogramma*) у юго-западного побережья Камчатки / А.В. Буслов // Изв. ТИНРО. – 2009а. – Т. 158. – С. 128–141.

Буслов, А.В. Определение возраста тресковых (Gadidae) дальневосточных морей: теоретические положения и методические подходы (обзор) / А.В. Буслов // Исслед. водных биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. – 2009б. – Вып. 14. – С. 32–46.

Буслов, А.В. Некоторые результаты эксперимента по инкубированию икры восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) / А.В. Буслов, Н.П. Сергеева // Изв. ТИНРО. – 2009. – Т. 156. – С. 82–94.

Буслов, А.В. Эмбриогенез и раннее постэмбриональное развитие тресковых рыб дальневосточных морей / А.В. Буслов, Н.П. Сергеева // Исслед. водных биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. – 2013. – Вып. 29. – С. 5–70.

Буслов, А.В. Валидность оценок возраста минтая *Theragra chalcogramma* (PALLAS, 1814) восточной части Охотского моря по отолитам / А.В. Буслов, Е.Е. Овсянников // Биология моря. – 2019. – Т. 45, № 5. – С. 349–355.

Буслов, А.В. Смертность икринок минтая *Gadus chalcogrammus* PALLAS, 1814 в течение эмбриогенеза в водах западного побережья Камчатки / А.В. Буслов, А.В. Смирнов // Биология моря. – 2021. – Т. 47, № 4. – С. 228–234.

Буслов, В.А. Некоторые аспекты биологии и промысла минтая *Theragra chalcogramma* юго-западной части Чукотского моря в связи с его размерно-возрастной структурой / В.А. Буслов, Е.Е. Овсянников // Изв. ТИНРО. – 2022. – Т. 202. – С. 316–328.

Варкентин, А.И. Половое созревание минтая (*Theragra chalcogramma*) в северной части Охотского моря в 1998–2008 гг. / А.И. Варкентин // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. – 2011. – Вып. 22. – С. 49–62.

Варкентин, А.И. Сезонная динамика зрелости гонад и показателей упитанности минтая (*Theragra chalcogramma*) в северной части Охотского моря / А.И. Варкентин // Изв. ТИНРО. – 2015. – Т. 180. – С. 77–92.

Варкентин, А.И. О прилове минтая непромыслового размера в северо-восточной части Охотского моря в период зимне-весеннего специализированного промысла: от наблюдений к правилам рыболовства / А.И. Варкентин // Вопр. рыболовства. – 2023. – Т. 24, № 2. – С. 56–64.

Варкентин, А.И. Промысел и размерно-возрастной состав минтая *Theragra chalcogramma* (PALLAS) в промысловых уловах в восточной части Охотского

моря / А.И. Варкентин, Н.П. Сергеева // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. – 2002. – № 6. – С. 75–86.

Варкентин, А.И. Промысел минтая (*Theragra chalcogramma*) в прикамчатских водах в 2003–2015 гг. / А.И. Варкентин, Н.П. Сергеева // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. – 2017. – № 47. – С. 5–45.

Варкентин, А.И. Некоторые итоги охотоморской минтаевой путинь в 2018 г. / А.И. Варкентин, В.В. Коломейцев // Рыб. хоз-во. – 2018. – № 5. – С. 40–51.

Варкентин, А.И. Некоторые итоги охотоморской минтаевой путинь в 2020 г. в сравнении с 2019 г. / А.И. Варкентин, В.В. Коломейцев // Рыб. хоз-во. – 2020. – № 4. – С. 52–67.

Варкентин, А.И. Промысел, размерно-возрастной состав, состояние запасов и перспективы вылова минтая (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) на акватории, прилегающей к Камчатскому полуострову и Северным Курильским островам / А.И. Варкентин, Н.П. Сергеева, О.И. Ильин, Е.Е. Овсянников // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2021. – Вып. 60. – С. 5–42.

Веденский, А.П. Опыт поисков скоплений минтая по плавающей икре / А.П. Веденский // Изв. ТИНРО. – 1949. – Т. 29. – С. 35–49.

Виноградов, М.Е. Горизонтально буксируемые сети и «косые» обловы / М.Е. Виноградов, Н.Н. Горбунова // Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. М.: Наука, 1983. – С. 154–158.

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

Волвенко, И.В. Некоторые алгоритмы обработки данных по обилию и размерно-весовому составу уловов / И.В. Волвенко // Изв. ТИНРО. – 1999. – Т. 126, Ч. 1. – С. 177–195.

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

Вышегородцев, В.А. Притайская популяция минтая / В.А. Вышегородцев // Экология, запасы и промысел минтая. – Владивосток: ТИНРО, 1981. – С. 89–99.

Вышегородцев, В.А. К вопросу репродуктивной изоляции североохотоморской популяции минтая / В.А. Вышегородцев // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО, 1987. – С. 39–47.

Гладышев, С.В. Распространение тихоокеанских вод в Охотском море / С.В. Гладышев, Г.В. Хен // Доклада академии наук. – 2004. – Т. 397, № 6. – С. 823–826.

Глебова, С.Ю. Особенности синоптической обстановки над Охотским морем в 1997 и 2000 гг. / С.Ю. Глебова, Г.В. Хен // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 71–78.

Глубоков, А.И. Особенности распределения минтая северной части Берингова моря (1997–2001 гг.) / А.И. Глубоков // Вопр. рыболовства. – 2003. – Т. 4, № 1(13). – С. 74–92.

Горбатенко, К.М. Сравнительная уловистость различных типов планктонных сетей в высокопродуктивных зонах Тихого океана / К.М. Горбатенко, Н.Т. Долганова // Океанология. – 2007. – Т. 47, № 2. – С. 1–9.

Горбунова, Н.Н. Икра минтая и ее развитие / Н.Н. Горбунова // Изв. ТИНРО. – 1951. – Т. 34. – С. 89–97.

Горбунова, Н.Н. Размножение и развитие минтая / Н.Н. Горбунова // Тр. ИО АН СССР. – 1954. – Т. 11. – С. 132–195.

Григорьев, С.С. Распределение икры, личинок и мальков минтая на западно-камчатском шельфе в июне-августе 1988 г. / С.С. Григорьев // Изв. ТИНРО. – 1994. – Т. 115. – С. 118–122.

Григорьев, С.С. Сравнительный анализ результатов ловов икры и личинок минтая сетями ИКС-80 и Бонго / С.С. Григорьев // Тр. ВНИРО. – 2006. – Т. 146. – С. 295–305.

Давыдов, И.В. О сопряжении развития океанологических условий в основных рыбопромысловых районах дальневосточных морей / И.В. Давыдов // Изв. ТИНРО. – 1984. – Т. 109. – С. 3–16.

Датский, А.В. Динамика обилия массовых промысловых рыб дальневосточных морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана и влияющие на нее факторы / А.В. Датский, В.В. Кулик, С.А. Датская // Тр. ВНИРО. – 2021. – Т. 186. – С. 31–77.

Датский, А.В. Чукотское море – новый район промысла минтая / А.В. Датский, А.Ю. Шейбак, В.Г. Чикилев // Тр. ВНИРО. – 2022. – Т. 189. – С. 162–179.

Добровольский, А.Д. Моря СССР / А.Д. Добровольский, Б.С. Залогин. – М.: Изд-во Мысль, – 1965. – 351 с.

Жигалов, И.А. Межгодовая изменчивость горизонтальной циркуляции вод северной части Охотского моря / И. А. Жигалов, В.А. Лучин // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 161. – С. 212–228.

Жукова, К.А. Исследование нитевидных гонад минтая *Theragra chalcogramma* Охотского и Берингова морей / К.А. Жукова, С.С. Пономарев // Вопр. ихтиологии. – 2016. – Т. 56, № 5. – С. 586–593.

Захаров, Е.А. Актуальность использования аппаратуры контроля орудий лова для снижения погрешности в оценке численности гидробионтов / Е.А. Захаров, П.О. Емелин // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 186. – С. 198–206.

Зверькова, Л.М. О нересте минтая в водах западного побережья Камчатки / Л.М. Зверькова // Вопр. ихтиол. – 1969. – Т. 9, вып. 2. – С. 270–275.

Зверькова, Л.М. Размножение минтая у юго-западного побережья Сахалина / Л.М. Зверькова // Изв. ТИНРО. – 1971. – Т. 76. – С. 62–75.

Зверькова, Л.М. Созревание, плодовитость и районы размножения минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) в северо-восточной части Японского моря / Л.М. Зверькова // Вопр. ихтиол. – 1977. – Т. 17, вып. 3. – С. 462–468.

Зверькова, Л.М. Пространственная структура района воспроизводства минтая в северной части охотского моря / Л.М. Зверькова // Вопр. ихтиол. – 1987. – Т. 27, вып. 3. – С. 414–420.

Зверькова, Л.М. Распределение пелагической икры минтая (*Theragra chalcogramma*) в Охотском море / Л.М. Зверькова, В.В. Пушников // Рыбохозяйственные исследования умеренных вод Тихого океана. Владивосток: ТИНРО, 1980. – С. 117–123.

Зверькова, Л.М. Минтай. Биология, состояние запасов / Л.М. Зверькова. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2003. – 247 с.

Зверькова, Л.М. Динамика запаса минтая в Охотском море в связи с долгопериодными изменениями условий обитания / Л.М. Зверькова // Труды СахНИРО. – 2007. – Т. 9. – С. 71–81.

Золотов, О.Г. Распределение и дрейф икры и личинок минтая у западного побережья Камчатки / О.Г. Золотов // Исследования биологии и динамики численности пром. рыб камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: КоТИНРО. – 1991. – Вып. 1, ч. 1. – С. 167–182.

Зырянов, В.И. Численный расчет установившихся течений Охотского моря / В.И. Зырянов // Тр. ВНИРО. – 1977. – Т. 119. – С. 24–30.

Ильин, О.И. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточно-камчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода / О.И. Ильин, Н.П. Сергеева, А.И. Варкентин // Тр. ВНИРО. – 2014. – Т. 151. – С. 62–74.

Ильин, О.И. Об одном модельном подходе к оценке запасов минтая *Theragra chalcogramma* в северной части Охотского моря / О.И. Ильин, А.И. Варкентин, А.В. Смирнов // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 186. – С. 107–117.

Кагановская, С.М. Некоторые данные по распределению и биологии минтая / С.М. Кагановская // Изв. ТИНРО. – 1949. – Т. 29. – С. 179–181.

Кагановская, С.М. Материалы к познанию минтая / С.М. Кагановская // Изв. ТИНРО. – 1950. – Т. 32. – С. 103–119.

Кагановская, С.М. Новые данные по минтаму залива Петра Великого / С.М. Кагановская // Изв. ТИНРО. – 1951. – Т. 29. – С. 81–87.

Кагановская, С.М. О распределении икры и личинок некоторых рыб в заливе Петра Великого / С.М. Кагановская // Изв. ТИНРО. – 1954. – Т. 42. – С. 165–175.

Кагановская, С.М. О минтасе Восточно-Корейского залива / С.М. Кагановская, Хан Тян Ир // Сб. докл. На 2-м пленуме комиссии по рыбохозяйственному исследованию западной части Тихого океана. – М.: Пищепромиздат, 1962. – С. 127–134.

Качина, Т.Ф. Методика расчета нерестового запаса восточноохотоморского минтая / Т.Ф. Качина, Н.П. Сергеева // Рыб. хоз-во. – 1978. – № 12. – С. 13–14.

Качина, Т.Ф. Нерест минтая в западной части Берингова моря / Т.Ф. Качина, П.А. Балыкин // Экология, запасы и промысел минтая. – Владивосток: ТИНРО, 1981. – С. 63–72.

Качина, Т.Ф. Динамика численности восточноохотоморского минтая / Т.Ф. Качина, Н.П. Сергеева // Экология, запасы и промысел минтая. – Владивосток: ТИНРО, 1981. – С. 19–27.

Коломейцев, В.В. Изменчивость Западно-Камчатского течения зимой 1994–2019 гг. по альтиметрическим данным / В.В. Коломейцев // Изв. ТИНРО. – 2020. – Т. 200. – С. 412–426.

Колосова, Е.Г. Сравнение уловистости сетей типа Бонго и Джеди / Е.Г. Колосова // Экология моря. – 1980. – Вып. 3. – С. 65–68.

Кровнин, А.С. Океанологические условия в пределах основного ареала минтая / А.С. Кровнин, Ю.И. Зуенко, А.Л. Фигуркин, Г.В. Хен, К.К. Кивва, Ю.В. Новиков, О.Б. Тепнин // Тр. ВНИРО. – 2022. – Т. 189. – С. 16–44.

Круц, А.А. Вертикальная структура толщи вод Охотского моря / А.А. Круц, В.А. Лучин // Изв. ТИНРО. – 2013. – Т. 175. – С. 234–253.

Кузнецов, В.В. Оценка запаса на основе проведения тралово-акустических съемок с визуальной регистрацией акустической записи (на примере минтая, в условиях промыслового судна) / В.В. Кузнецов // Тр. ВНИРО. – 2006. – Т. 146. – С. 165–181.

Кузнецов, В.В. Популяционная структура, динамика численности и регулирование промысла минтая в северной части Охотского моря / В.В. Кузнецов, Б.Н. Котенев, Е.Н. Кузнецова. – М.: Изд-во ВНИРО, 2008. – 174 с.

Кузнецов, М.Ю. Особенности распределения минтая в северо-западной части Берингова моря осенью 2000 г. и их межгодовая изменчивость по результатам учетных съемок в 1997–2000 гг. / М.Ю. Кузнецов, А.В. Николаев, Л.А. Борец, Г.М. Гаврилов // Вопр. рыболовства. – 2002. – Т. 3, № 2(10). – С. 288–303.

Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1980. – 292 с.

Леонов, А.К. Региональная океанография / А.К. Леонов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 766 с.

Лисовенко, Л.А. Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая западной Камчатки / Л.А. Лисовенко. – М.: ВНИРО, 2000. – 254 с.

Лучин, В.А. Диагностический расчет циркуляций вод Охотского моря в летний период / В.А. Лучин // Тр. ДВНИГМИ. – 1982. – Вып. 96. – С. 69–77.

Лучин, В.А. Циркуляция вод Охотского моря и особенности ее внутригодовой изменчивости по результатам диагностических расчетов / В.А. Лучин // Тр. ДВНИИ. – 1987. – Вып. 36. – С. 3–13.

Лучин, В.А. Внутригодовая изменчивость параметров верхнего квазиоднородного слоя Охотского моря / В.А. Лучин // Изв. ТИНРО. – 2018. – Т. 195. – С. 170–183.

Лучин, В.А. Водные массы Охотского моря / В.А. Лучин, В.М. Лаврентьев // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9: Охотское море, вып. 1: Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. – С. 166–174.

Лучин, В.А. Характеристика водных масс Охотского моря / В.А. Лучин, А.А. Круц // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 184. – С. 204–218.

Марков, М.С. Мезо-Кайнозойская история и строение земной коры Охотского региона / М.С. Марков, В.Н. Аверьянова, И.П. Карташов, И.А. Соловьева, А.С. Шуваев. – М.: Изд-во Наука, 1967. – 225 с.

Мельников, И.В. К методике выполнения крупномасштабных пелагических траловых съемок / И.В. Мельников // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Тр. ВНИРО. – 2006. – Т. 146. – С. 118–132.

Морошкин, К.В. Новая схема поверхностных течений Охотского моря / К.В. Морошкин // Океанология. – 1964. – Т. 4, вып. 4. – С. 641–643.

Морошкин, К.В. Водные массы Охотского моря / К.В. Морошкин. – М.: Наука, 1966. – 67 с.

Мусаева, Э.И. Сравнение различных орудий лова зоопланктона по материалам из Берингова моря / Э.И. Мусаева, Н.П. Незлин // Океанология. – 1995. – Т. 35, № 6. – С. 942–946.

Национальный атлас России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://nationalatlas.ru/tom2/289-293.html>.

Овсянников, Е.Е. Особенности распределения икры минтая у западной Камчатки / Е.Е. Овсянников // Изв. ТИНРО. – 1999. – Т. 126. – С. 246–251.

Овсянников, Е.Е. Оценка урожайности поколений минтая в северной части Охотского моря / Е.Е. Овсянников // Изв. ТИНРО. – 2009. – Т. 157. – С. 64–80.

Овсянников, Е.Е. Динамика пространственного распределения икры и молоди минтая в северной части Охотского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук:03.02.06 / Овсянников Евгений Евгеньевич. – Владивосток, 2011. – 20 с.

Овсянников, Е.Е. Динамика и структура запасов минтая в северной части Охотского моря в 2000-е гг. / Е.Е. Овсянников, С.Л. Овсянникова, А.Ю. Шейбак // Изв. ТИНРО. – 2013. – Т. 172. – С. 133–148.

Овсянников, Е.Е. Оценка состояния запасов минтая в Охотском море весной 2013 г. / Е.Е. Овсянников, С.С. Пономарев // Изв. ТИНРО. – 2014. – Т. 177. – С.114–124.

Омельченко, В.Т. О полиморфизме гемоглобина минтая / В.Т. Омельченко // Биол. моря. – 1975. – № 5. – С. 72–73.

Орлова, С.Ю. Популяционная структура минтая азиатской части ареала на основании данных различных генетических маркёров / С.Ю. Орлова, А.А.

Сергеев, Д.С. Курносов, Е.С. Бочарова, О.Р. Емельянова, Е.А. Чикурова, А.М. Орлов, М.К. Глубоковский // Труды ВНИРО. – 2022. – Т. 189. – С. 180–197.

Пискунов, И.Б. Сравнительная характеристика зоопланктона по уловам четырех типов сетей / И.Б. Пискунов // Изв. ТИНРО. – 2003. – Т. 133. – С. 240–244.

Пищальник, В.М. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 гг. / В.М. Пищальник, В.А. Романюк, И.Г. Минервин, А.С. Батухтина // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 185. – С. 228–239.

Пищальник, В.М. Анализ изменений ледового режима в отдельных районах Охотского моря в период потепления / В.М. Пищальник, И.Г. Минервин, В.А. Романюк // Вестник российской академии наук. – 2017. – Т. 87, № 5. – С. 429–440.

Пищальник, В.М. Оценка объема льда Охотского моря по его возрастным характеристикам за период 2001–2019 гг. / В.М. Пищальник, И.Г. Минервин, П.А. Трусков // Изв. ТИНРО. – 2020. – Т. 200, вып. 2. – С. 427–444.

Плотников, В.В. Объемный статистический Т,S-анализ водных масс Охотского моря в периоды экстремумов теплового состояния / В.В. Плотников, Г.И. Юрсов // Результаты океанографических исследований северной части Тихого океана по программе INPOC (1990–1993). – Владивосток: Дальнаука, 1998. – С. 94–111.

Плохинский, Н.А. Биометрия. 2-е издание / Н.А. Плохинский. – М.: Изд. Московского университета, 1970. – 368 с.

Полутов, И.А. Пелагическая икра и личинки морских рыб у берегов Камчатки / И.А. Полутов, В.Н. Трипольская // Изв. ТИНРО. – 1954. – Т. 41. – С. 295–307.

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

Пономарев, С.С. Особенности стадий и шкала зрелости гонад самок минтая / С.С. Пономарев // Изв. ТИНРО. – 2017. – Т. 190. – С. 33–48.

Пономарев, С.С. Межгодовые изменения численности и плодовитости минтая северной части Охотского моря / С.С. Пономарев, А.Ю. Шейбак // Изв. ТИНРО. – 2013. – Т. 175. – С. 101–109.

Привалихин, А.М. Воспроизводительная способность минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.06 / Привалихин Андрей Михайлович. – М., 1998. – 24 с.

Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 06.05.2022 г. № 285 (ред. Приказ от 10.03.2023 г. № 154) «Об утверждении Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <http://publication.pravo.gov.ru>. (Дата обращения: 07.11.2023)

Расс, Т.С. Значение исследований размножения рыб для оценки возможных уловов / Т.С. Расс // Рыб. хоз-во. – 1953, № 2. – С. 23–25.

Расс, Т.С. Возможности значительного увеличения уловов рыб на Дальнем Востоке / Т.С. Расс // Рыб. хоз-во. – 1956. – № 9. – С. 57–60.

Расс, Т.С. Исследования ихтиопланктона, проведенные Курило-Сахалинской экспедицией / Т.С. Расс // Исслед. дальневосточ. морей. – 1959. – вып. 6. – С. 78–96.

Расс, Т.С. Некоторые данные о ихтиопланктоне западной Камчатки / Т.С. Расс, М.В. Желтенкова // Изв. ТИНРО. – 1948. – Т. 28. – С. 139–150.

Савенков, В.В. Изменчивость микросателлитных локусов в выборках минтая из нерестовых скоплений Охотского, Берингова морей и тихоокеанских вод, прилегающих к северным Курильским островам / В.В. Савенков, Н.Ю. Шпигальская, А.И. Варкентин, О.А. Пильганчук, У.О. Муравская, О.Н. Сараванский // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. – 2014, вып. 34. – С. 72–80.

Савенков, В.В. Дифференциация минтая (*Theragra chalcogramma*) Охотского моря по микросателлитным локусам / В.В. Савенков, Н.Ю. Шпигальская, А.И. Варкентин, О.А. Пильганчук, У.О. Муравская, А.Д. Денисенко, О.Н. Сараванский // Исследования водных биологических ресурсов

Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. – 2018, вып. 48. – С. 5–18.

Световидов, А.Н. Фауна СССР. Рыбы. Трескообразные / А.Н. Световидов. – М.: Изд. Академии наук СССР, 1948. – Т. 9, вып. 4. – 266 с.

Сергеева, Н.П. Плодовитость восточноохотоморского минтая / Н.П. Сергеева // Экология, запасы и промысел минтая. – Владивосток: ТИНРО, 1981. – С. 73–78.

Сергеева, Н.П. Закономерности полового созревания, половой цикл и шкала стадий зрелости гонад минтая (*Theragra chalcogramma*) / Н.П. Сергеева, А.И. Варкентин, А.В. Буслов // Исслед. водных биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. – 2011, вып. 22. – С. 49–62.

Серобаба, И.И. О размножении минтая *Theragra chalcogramma* в восточной части Берингова моря / И.И. Серобаба // Изв. ТИНРО. – 1971. – Т. 75. – С. 47–55.

Смирнов, А.А. Минтай северной части Охотского моря: биологические показатели в период весенней путины и перспективы промысла / А.А. Смирнов, А.В. Вакатов // Рыб. хоз-во. – 2010. – № 6. – С. 56–57.

Смирнов, А.В. Динамика размерно-возрастной структуры и формирование промыслового запаса охотоморского минтая в конце 90-х – начале 2000-х гг. / А.В. Смирнов, Г.В. Авдеев // Изв. ТИНРО. – 2003. – Т. 135. – С. 94–112.

Смирнов, А.В. Об оценке запасов охотоморского минтая инструментальными методами / А.В. Смирнов, Г.В. Авдеев, А.В. Николаев, В.И. Шевцов // Тр. ВНИРО. – 2006. – Т. 146. – С. 132–152.

Строение дна Охотского моря / Г.Б. Удинцев, Н.Н. Турко, Г.В. Агапова и др.; Отв. ред.: В.В. Белоусов, Г.Б. Удинцев. – М.: Наука, 1981. – 176 с.

Структура и динамика литосферы и астеносферы Охотоморского региона / В.В. Харахинов, И.К. Туезов, В.А. Бабошина и др.; Отв. ред.: А.Г. Родников, И.К. Туезов, В.В. Харахинов. – М.: Национальный геофизический комитет, 1996. – 335 с.

Суховей, В.Ф. Моря Мирового океана / В.Ф. Суховей. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 287 с.

- Сучкова, М.Г. Некоторые данные о плодовитости минтая / М.Г. Сучкова // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО, 1987. – С. 22–27.
- Темных, О.С. Функциональная структура ареала минтая в Охотском море / О.С. Темных // Биол. моря. – 1989. – № 6. – С. 22–30.
- Фадеев, Н.С. Распределение минтая в северной части Тихого океана / Н.С. Фадеев // Изв. ТИНРО. – 1975. – Т. 96. – С. 143–148.
- Фадеев, Н.С. Сроки размножения и нерестовых подходов минтая / Н.С. Фадеев // Экология, запасы и промысел минтая. – Владивосток: ТИНРО, 1981. – С. 3–18.
- Фадеев, Н.С. Распределение икры минтая в северной части Охотского моря / Н.С. Фадеев // Рыб. хозяйство. – 1984. – №. 12. – С. 22–25.
- Фадеев, Н.С. Нерестилища и сроки размножения минтая в северной части Охотского моря / Н.С. Фадеев // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. – 1987. – С. 5–22.
- Фадеев, Н.С. Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно-возрастному составу / Н.С. Фадеев // Биол. моря. – 1999. – Т. 29, № 3. – С. 246–249.
- Фадеев, Н.С. Урожайность поколений северохоккайдского минтая / Н.С. Фадеев // Вопр. рыболовства. – 2001. – Т. 2, № 2(6). – С. 299–318.
- Фадеев, Н.С. Размерно-половой состав, темп полового созревания, коэффициенты зрелости северохоккайдского минтая и теоретические расчеты по выходу ястычной икры / Н.С. Фадеев // Вопр. рыболовства. – 2008. – Т. 9. – № 3 (35). – С. 586–594.
- Фадеев, Н.С. Оценка численности икры и производителей минтая в северной части Охотского моря / Н.С. Фадеев, А.В. Смирнов // Биол. моря. – 1987. – № 4. – С. 19–25.
- Фадеев, Н.С. Распределение, миграции и запасы минтая / Н.С. Фадеев, А.В. Смирнов // Рыб. хоз-во. – 1994. – № 3. – С. 33–37.

Фадеев, Н.С. Обзор промысла минтая / Н.С. Фадеев, В. Веспестад // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 75–91.

Фадеев, Н.С. Распределение минтая в северной части Охотского моря в зимне-весенний период и динамика нереста / Н.С. Фадеев, Е.Е. Овсянников // Изв. ТИНРО. 2001. – Т. 128. – С. 103–124.

Фадеев, Н.С. Половое созревание минтая в северной части Охотского моря и обоснование минимального промыслового размера / Н.С. Фадеев, М.М. Раклистова // Изв. ТИНРО. – 2003. – Т. 133. – С. 45–55.

Фигуркин, А.Л. Циркуляция вод западнокамчатского шельфа / А.Л. Фигуркин // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. – М.: ВНИРО, 1997. – С. 25–29.

Фигуркин, А.Л. Развитие океанологических условий западной Камчатки по данным мониторинговых наблюдений 1997 и 2000 гг. / А.Л. Фигуркин // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 103–116.

Фигуркин, А.Л. Океанологические условия шельфа и склона Охотского моря в холодную половину года и их влияние на нерест минтая: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.28 / Александр Леонидович Фигуркин. – Владивосток., 2003. – 24 с.

Фигуркин, А.Л. Ледовитость как индикатор термического состояния придонных вод северной части Охотского моря / А.Л. Фигуркин // Изв. ТИНРО. – 2006. – Т. 145. – С. 259–270.

Фигуркин, А.Л. Изменчивость термохалинного состояния придонных вод северной части Охотского моря / А.Л. Фигуркин // Изв. ТИНРО. – 2011. – Т. 166. – С. 255–274.

Фигуркин, А.Л. Океанологические условия в Охотском море в начале 2000-х гг. / А.Л. Фигуркин, И.А. Жигалов, Н.С. Ванин // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 152. – С. 240–252.

Флусова, Г.Д. Популяционно-генетические исследования минтая *Theragra chalcogramma* в Беринговом море / Г.Д. Флусова, Е.И. Моисеев // В сб.: Генетика,

селекция и гибридизация рыб. – Тез. Докл. II Всесоюз. Совещ. Ростов-на-Дону, 1981. – С. 138–139.

Флусова, Г.Д. Популяционная структура минтая по данным генетических исследований / Г.Д. Флусова, Л.В. Богданов // Тресковые дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1986. – С. 138–139.

Фронек, С.Л. Плодовитость североохотоморского минтая / С.Л. Фронек // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 312–319.

Хен, Г.В. Об аномальном потеплении Берингова и Охотского морей в восьмидесятые годы / Г.В. Хен // Сб. «Мониторинг условий среды в районах морского рыбного промысла в 1989–1990 гг.»; – под ред. профессора Д.Е. Гершановича. – М.: ВНИРО, 1991. – С. 65–73.

Хен, Г.В. Особенности гидрологических условий в северной части Охотского моря во второй половине 90-х гг. / Г.В. Хен, Н.С. Ванин, А.Л. Фигуркин // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 24–43.

Хен, Г.В. Гидрологические условия в северо-западной части Тихого океана и дальневосточных морях в начале 21 века и ожидаемые тенденции / Г.В. Хен, Е.И. Устинова, А.Л. Фигуркин, Ю.И. Зуенко, Ю.В. Новиков, Ю.Д. Сорокин, М.В. Гаманюк // Вопр. пром. океанологии. – 2004. – Вып. 1. – С. 40–58.

Хен, Г.В. Термические условия на поверхности Берингова и Охотского морей в начале 21-го века на фоне полувековой изменчивости / Г.В. Хен, Е.О. Басюк, Ю.Д. Сорокин, Е.И. Устинова, А.Л. Фигуркин // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 153. – С. 254–263.

Хен, Г.В. Многолетние изменения термических условий на поверхности дальневосточных морей и СЗТО, и их связь с крупномасштабными климатическими процессами / Г.В. Хен, Е.И. Устинова, Ю.Д. Сорокин // Изв. ТИНРО. – 2022. – Т. 202. – С. 187–207.

Чернявский, В.И. Циркуляционные системы Охотского моря / В.И. Чернявский // Изв. ТИНРО. – 1981. – Т. 105. – С. 13–19.

Чернявский, В.И. Океанологические основы формирования зон высокой биологической продуктивности Охотского моря / В.И. Чернявский, И.А. Жигалов,

В.И. Матвеев // Гидрометеорология и гидрохимия. Проект «Моря». – Л.: Гидрометеоиздат, 1993. – Т. 9, вып. 2. – С. 157–160.

Шатилина, Т.А. Особенности атмосферной циркуляции при аномальных океанологических условиях в Японском, Охотском морях и прилегающей части Тихого океана / Т.А. Шатилина, А.А. Никитин, Л.С. Муктепавел // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 79–94.

Шейбак, А.Ю. Состояние и структура запаса минтая в Охотском море в 2011–2020 гг./ А.Ю. Шейбак, Н.П. Антонов, Е.Н. Кузнецова // Тр. ВНИРО. – 2022. – Т. 187. – С. 71–86.

Шейбак, А.Ю. Распределение скоплений и биологические характеристики охотоморского минтая в промысловых уловах в зимне-весенний период / А.Ю. Шейбак, Е.Н. Кузнецова, Н.П. Антонов // Вопр. рыболовства. – 2023. – Т. 24, № 2. – С. 109–132.

Шунтов, В.П. Состояние изученности многолетних циклических изменений численности рыб дальневосточных морей / В.П. Шунтов // Биол. моря. – 1986. – № 3. – С. 3–14.

Шунтов, В.П. Новые данные о состоянии биологических ресурсов Охотского моря / В.П. Шунтов // Вестник ДВО РАН. – 1998. – № 2. – С. 45–52.

Шунтов, В.П. Биология дальневосточных морей / В.П. Шунтов. – Том 1. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – 580 с.

Шунтов, В.П. Биология дальневосточных морей России / В.П. Шунтов. – Том 2. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2016. – 604 с.

Шунтов, В.П. Минтай в экосистемах дальневосточных морей / В.П., Шунтов, А.Ф. Волков, О.С. Темных, Е.П. Дулепова. – В.: Изд-во ТИНРО, 1993. – 426 с.

Abe, T. Further records of boreal species of fishes from the southern piscifauna region of Japan / T. Abe // Jap. J. Ichthyol. – 1967. – Vol. 14. – P. 207–208.

Bakkala, R. Distribution and stock structure of pollock (*Theragra chalcogramma*) in the North Pacific Ocean / R. Bakkala, T. Maeda, G. McFarlane // Bull. INPFC. – 1986. – Vol. 45. – P. 3–20.

Chilton, D.E. Age determination methods for fishes studied by the ground fish program at the Pacific Biological Station / D.E. Chilton, R.J. Bemish // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. – 1982. – Vol. 60. – 102 p.

Gong, Y. The pollock (*Theragra chalcogramma*) stock in Korean Waters / Y. Gong, C.I. Zhang // Bull. INPFC. – 1986. – № 45. – P. 21–38.

Grant, W. Biochemical Genetic Variations in Walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*: Population Structure in the South-eastern Bering Sea and the Gulf of Alaska. / W. Grant, T. Utter // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1980. – vol. 37, № 7. – P. 1093–1100.

Hart, J.L. Pacific Fishes of Canada: Fish. Res. Board of Canada / J.L. Hart. – Ottawa. – 1973. – Bull. 180. – 740 p.

Ishida, T. On the age determination and morphometrical differences of the otolith of Alaska pollock in the Hokkaido coast / T. Ishida // Bull. of the Hokkaido Reg. Fish Res. Lab. – 1975. – № 11, P. 36–67.

Iwata, T. Genetic identification of Walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas), populations on the basis of tetrazolium oxidase polymorphism / T. Iwata // Comparative Biochemistry and Physiology. – 1975. – Vol. 50 B. – P. 197–201.

Johnson, A. A survey of biochemical variants found in groundfish stocks from the North Pacific and Bering Sea / A. Johnson // Anim. Blood Groups Biochem. Genet. – 1977. – № 8. – P. 13–19.

Martin, S. The production of ice and dense shelf water in the Okhotsk Sea polynyas / S. Martin, R. Drucker, K. Yamashita // J. Geophys. Res. – 1998. – Vol. 103. – P. 771–782.

Mizuta, G. Structure and seasonal variability of the East Sakhalin Current / G. Mizuta, Y. Fukamachi, K.I. Ohshima, M. Wakatsuchi // J. Phys. Oceanogr. – 2003. – Vol. 33. – P. 2430–2445.

Nakatani, T. Thermal effect on the development of Walley Pollock eggs and their upward speed to the surface / T. Nakatani, T. Maeda // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. – 1984. – Vol. 50 (6). – P. 937–942.

Nakatani, T. Early life history of Walley Pollock / T. Nakatani, T. Maeda // Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. St. – 1993. – No 41. – P. 15-22.

Nishiyama, T. The early life history and feeding habits of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in the southeast Bering Sea / T. Nishiyama, K. Hirano, T. Haryn // Bull. INPFC. – 1986. – № 45. – P. 177–227.

Oshima, K.I. Sea ice production in the Okhotsk Sea and its relation to interannual variability of Okhotsk Sea and North Pacific Intermediate Water / K.I. Oshima, T. Nakanowatari, S. Nihashi // Proc. of the 21st Int. Symp. on Okhotsk Sea & Sea Ice., Febr. 2006, Mombetsu, Hokkaido, Japan. Mombetsu: Proc. publ. by OSCORA. – 2006. – P. 29–32.

QGIS [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный:  
<https://qgis.org/ru/site/forusers/download.html>.

QGIS [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <https://epsg.io/4326>.

Shapiro, S.S. A comparative study of various tests for normality / S.S. Shapiro, M.B. Wilk, H.J. Chen // Journal of the American Statistical Association. – 1968. – № 63. – P. 1343–1372.

Vasiliev, A.S. Seasonal Variability of Integral Water Circulation in the Okhotsk Sea / A.S. Vasiliev, F.F. Khrapchenkov // Proceedings of the Workshop on the Okhotsk Sea and Adjacent Areas: PICES Scientific Report. – 1996. – No 6. – P. 151–166.

Watanabe, K. On the reinforcement drift of the East Sakhalin Current preceding to the ice season off the coast of Hokkaido / K. Watanabe // Study in sea ice in the Okhotsk Sea (IV) Oceanogr. Mag. – 1963. – N 14. – P. 117–130.

Wolotira, R. J. Jr. Demersal fish and shellfish resources of Norton Sound, the southeastern Chukchi Sea, and adjacent waters in the Baseline year 1976 / R. J. Jr. Wolotira, T.M. Sample, M. Jr. Morin // N-west and Alaska Fish. Center Proc. Rep.-Seattle, Washington, 1977. – 292 p.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Приложение 1 – Численность (млрд экз.) минтая по возрастным классам в северо-восточной части Охотского моря

Возраст, год	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
1	0,077	11,970	0,238	1,252	0,462	2,897	0,190	0,714	5,692	2,114	0,581	14,650	2,756
2	1,156	0,129	3,058	0,921	1,301	1,997	1,683	0,149	2,630	0,845	1,298	0,269	6,283
3	0,334	1,857	0,417	5,774	1,248	4,488	2,549	1,970	1,417	1,267	2,412	1,778	0,846
4	0,815	1,500	0,621	2,257	3,903	2,370	3,322	2,685	3,272	2,023	1,174	2,712	1,272
5	2,772	1,957	0,791	1,378	3,587	3,025	2,379	4,491	4,095	2,892	1,810	3,108	2,227
6	6,258	3,939	1,567	2,265	1,789	3,602	2,823	4,327	4,612	4,119	3,266	3,515	2,496
7	3,834	3,354	2,340	3,074	1,765	1,427	2,338	2,259	2,932	3,018	4,060	4,156	2,744
8	1,040	1,036	1,038	1,731	1,381	0,959	1,248	0,915	1,143	1,360	2,311	2,663	2,166
9	0,457	0,440	0,402	0,754	0,762	0,586	0,793	0,464	0,507	0,627	0,747	0,737	0,650
10	0,277	0,258	0,228	0,404	0,454	0,368	0,613	0,117	0,341	0,383	0,603	0,604	0,507
11	0,158	0,157	0,130	0,247	0,302	0,217	0,392	0,110	0,247	0,247	0,424	0,404	0,340
12	0,097	0,093	0,080	0,153	0,205	0,146	0,294	0,150	0,202	0,159	0,268	0,270	0,208
13	0,071	0,071	0,054	0,112	0,155	0,110	0,243	0,117	0,173	0,122	0,218	0,190	0,152
14	0,029	0,030	0,021	0,050	0,061	0,050	0,133	0,055	0,079	0,050	0,174	0,127	0,109
15	0,013	0,015	0,009	0,020	0,029	0,024	0,067	0,021	0,041	0,022	0,075	0,067	0,048
16	0,003	0,009	0,002	0,007	0,007	0,007	0,019	0,009	0,011	0,008	0,029	0,027	0,015
17	0,002	0,006	0,001	0,003	0,004	0,005	0,012	0,004	0,007	0,003	0,021	0,014	0,011
18	0,0004	0,009	0,0004	0,0003	0,0005	0,001	0,009	0,001	0,001	0,001	0,011	0,010	0,005
19	0,0002	0,001	-	0,00002	0,000002	0,0001	0,004	0,005	0,0002	0,003	0,001	0,002	0,001
20	0,0001	0,001	0,001	-	-	-	0,00001	-	-	0,0001	0,007	0,005	0,003
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0001	0,0000
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,006	0,001	0,001
Сумма	17,396	26,834	11,001	20,404	17,413	22,277	19,111	18,567	27,402	19,264	19,495	35,309	22,839

Приложение 2 – Численность (млрд экз.) минтая по возрастным классам в северо-западной части Охотского моря

Возраст, год	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
1	0,106	0,601	0,937	18,233	5,939	1,904	7,067	2,861	0,264	0,524	0,177	2,892	1,473
2	0,382	0,201	1,421	0,826	4,106	1,589	3,514	4,255	0,432	0,255	0,477	0,230	2,523
3	0,345	0,809	0,431	4,536	1,290	5,590	3,078	4,380	1,748	1,593	0,676	0,701	0,581
4	1,922	0,744	0,995	3,188	1,544	3,008	9,305	4,550	2,261	5,289	2,220	1,215	0,877
5	5,073	1,809	1,328	1,306	1,691	1,875	4,243	5,562	3,469	4,770	3,454	2,270	1,155
6	9,018	5,991	2,855	2,863	1,734	2,352	1,959	3,538	5,302	6,977	5,405	4,520	3,738
7	4,031	4,438	3,290	4,407	3,586	2,710	2,261	1,489	2,345	4,261	3,915	2,707	4,239
8	0,874	1,216	1,211	2,160	2,331	2,205	1,571	0,898	0,923	1,564	1,979	0,939	1,912
9	0,263	0,318	0,332	0,592	0,876	1,067	0,800	0,464	0,522	0,716	1,118	0,418	0,877
10	0,203	0,218	0,235	0,322	0,536	0,678	0,598	0,322	0,393	0,542	0,713	0,199	0,503
11	0,077	0,071	0,087	0,093	0,163	0,202	0,196	0,106	0,130	0,189	0,331	0,095	0,245
12	0,070	0,052	0,069	0,061	0,115	0,134	0,146	0,074	0,093	0,142	0,221	0,063	0,160
13	0,046	0,028	0,032	0,024	0,052	0,054	0,076	0,031	0,042	0,064	0,120	0,031	0,080
14	0,018	0,010	0,010	0,008	0,014	0,014	0,030	0,010	0,011	0,019	0,084	0,019	0,058
15	0,010	0,006	0,006	0,004	0,007	0,008	0,020	0,006	0,006	0,011	0,039	0,009	0,024
16	0,006	0,002	0,001	0,001	0,001	0,007	0,009	0,002	0,002	0,002	0,049	0,013	0,025
17	0,001	0,001	0,001	0,0001	0,0004	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,012	0,004	0,008
18	0,0004	0,001	0,0003	0,0001	0,0002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,012	0,002	0,008
19	-	0,001	0,0003	-	-	0,0002	-	-	-	-	0,0002	0,0001	0,00003
20	0,0002	0,001	0,001	-	-	0,001	0,001	-	-	0,001	0,002	0,0003	0,001
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0001	0,0001
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00002	0,000004
Сумма	22,447	16,515	13,244	38,623	23,987	23,399	34,876	28,550	17,946	26,921	21,004	16,329	18,487

Приложение 3 – Численность (млрд экз.) минтая по возрастным классам в северной части Охотского моря

Возраст, год	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
1	0,183	12,571	1,175	19,486	6,401	4,801	7,257	3,575	5,957	2,638	0,759	17,543	4,230
2	1,537	0,330	4,479	1,747	5,407	3,586	5,197	4,404	3,062	1,100	1,775	0,498	8,806
3	0,679	2,666	0,848	10,310	2,538	10,078	5,627	6,350	3,165	2,859	3,088	2,478	1,427
4	2,737	2,244	1,616	5,445	5,447	5,378	12,628	7,235	5,533	7,313	3,394	3,927	2,149
5	7,845	3,766	2,119	2,684	5,277	4,900	6,622	10,054	7,564	7,663	5,263	5,379	3,382
6	15,276	9,930	4,422	5,129	3,523	5,955	4,782	7,865	9,914	11,097	8,671	8,035	6,234
7	7,866	7,792	5,630	7,481	5,351	4,137	4,599	3,749	5,277	7,279	7,975	6,864	6,983
8	1,914	2,252	2,250	3,892	3,712	3,163	2,819	1,813	2,066	2,923	4,290	3,602	4,077
9	0,721	0,758	0,734	1,346	1,638	1,652	1,593	0,928	1,029	1,343	1,865	1,155	1,527
10	0,480	0,476	0,464	0,726	0,990	1,046	1,210	0,440	0,734	0,924	1,316	0,803	1,010
11	0,235	0,228	0,218	0,340	0,465	0,419	0,589	0,217	0,377	0,436	0,755	0,499	0,586
12	0,167	0,145	0,149	0,213	0,320	0,279	0,440	0,224	0,296	0,300	0,490	0,333	0,368
13	0,118	0,099	0,086	0,136	0,207	0,164	0,319	0,149	0,216	0,185	0,338	0,221	0,232
14	0,047	0,041	0,031	0,057	0,075	0,063	0,163	0,065	0,090	0,070	0,258	0,146	0,167
15	0,023	0,021	0,015	0,024	0,037	0,032	0,088	0,027	0,047	0,033	0,114	0,076	0,073
16	0,010	0,011	0,004	0,008	0,008	0,014	0,028	0,011	0,013	0,010	0,077	0,040	0,040
17	0,003	0,007	0,001	0,003	0,004	0,005	0,014	0,005	0,007	0,004	0,033	0,018	0,019
18	0,0008	0,010	0,0007	0,0004	0,0006	0,002	0,010	0,002	0,001	0,002	0,023	0,012	0,013
19	0,0002	0,001	0	0,00002	0,000002	0,0003	0,004	0,005	0,0002	0,003	0,001	0,002	0,001
20	0,0002	0,001	0,001	0	0	0	0,00062	-	0	0,0008	0,009	0,005	0,003
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0004	0,0002	0,0001
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,006	0,001	0,001
Сумма	39,843	43,349	24,245	59,027	41,400	45,676	53,987	47,117	45,348	46,185	40,499	51,638	41,326

Приложение 4 – Доли поколений минтая в промысловых уловах в Северо-Охотоморской подзоне, %

Поколение	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
2020 г.р.																					0,1
2019 г.р.																					0,1
2018 г.р.																					0,4
2017 г.р.																					0,5
2016 г.р.																					2,0
2015 г.р.																					2,5
2014 г.р.																					8,2
2013 г.р.																					30,1
2012 г.р.																					31,1
2011 г.р.																					14,2
2010 г.р.																					5,7
2009 г.р.																					3,1
2008 г.р.																					1,5
2007 г.р.																					0,5
2006 г.р.																					0,3
2005 г.р.						0,1	2,1	0,6	+	1,0	1,5	6,0	<b>36,3</b>	<b>41,0</b>	<b>25,1</b>	<b>11,9</b>	8,5	2,2	0,8	0,6	0,4
2004 г.р.					0,5	3,4	0,8	2,9	<b>17,5</b>	<b>25,0</b>	<b>12,1</b>	2,6	3,2	1,5	1,3	0,5	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1
2003 г.р.			+	+	0,5	0,7	2,3	<b>18,0</b>	<b>17,2</b>	<b>15,4</b>	4,1	1,8	0,9	1,0	0,5	0,1	+	0,3	0,1	0,1	0,1
2002 г.р.			0,2	0,2	0,5	1,7	<b>10,4</b>	<b>33,4</b>	<b>15,7</b>	8,9	3,3	0,6	0,7	0,5	+	+	+	+	0,1	0,1	0,1
2001 г.р.		+	0,3	0,7	0,8	8,7	<b>24,5</b>	<b>27,8</b>	<b>12,1</b>	7,3	1,3	0,5	0,4	0,3	+	+	+	+	+	+	+

Примечание – (+) – доля менее 0,1%

## Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
2000 г.р.		+	1,2	1,3	3,0	9,1	<b>27,4</b>	<b>25,6</b>	9,0	<b>10,6</b>	2,8	1,0	0,3	0,2	0,1	+	+	+	+	+	
1999 г.р.	+	0,6	2,9	4,8	<b>14,7</b>	<b>31,1</b>	<b>26,1</b>	<b>16,1</b>	3,0	4,2	2,2	0,5	0,2	0,2	0,2	+	+	+	+	+	
1998 г.р.	2,4	<b>10,4</b>	<b>13,4</b>	<b>35,4</b>	<b>34,6</b>	<b>27,6</b>	<b>13,5</b>	<b>11,7</b>	1,9	3,1	1,2	0,1	0,1	0,1	+	+	+	+	+	+	
1997 г.р.	<b>12,0</b>	<b>26,3</b>	<b>43,0</b>	<b>40,1</b>	<b>25,0</b>	<b>14,0</b>	8,9	3,8	1,6	1,5	0,5	+	+	+	0,1						
1996 г.р.	<b>14,4</b>	<b>29,5</b>	<b>27,4</b>	<b>13,1</b>	<b>10,1</b>	9,5	2,9	2,6	0,7	0,4	0,2	+	+	+	0,2	+					
1995 г.р.	<b>27,7</b>	<b>18,9</b>	7,6	2,6	6,3	2,9	2,3	1,0	0,5	0,2	+	+	+		0,1						
1994 г.р.	<b>23,3</b>	7,4	1,9	1,4	1,9	1,9	1,3	0,2	0,5	+	+	+									
1993 г.р.	9,9	2,7	1,3	0,4	1,5	0,9	0,5	0,1	0,3	+	+										
1992 г.р.	3,9	2,0	0,5	0,2	1,0	0,2	0,3	+	0,2	+											
1991 г.р.	3,1	0,8	0,3	0,1	0,5	0,1	+	+	+												
1990 г.р.	1,2	0,7	0,2	+	0,3	+	+	+	+												
1989 г.р.	1,0	0,4	+	+	+	+	+														
1988 г.р.	0,6	0,2	+	+	+	+	+														
1987 г.р.	0,2	0,1	+		+		+														
1986 г.р.	0,1	+	+			+															
1985 г.р.	+	+	+																		
1984 г.р.	+	+																			
1983 г.р.	+	+	+																		
1982 г.р.		+																			
1981 г.р.	+																				
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Средний возраст, год	6,0	5,7	5,9	6,3	7,2	7,5	7,3	7,7	7,2	7,1	7,0	6,5	6,3	6,7	7,0	7,1	7,4	6,8	6,1	6,3	6,6
SE	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5

Приложение 5 – Доли поколений минтая в промысловых уловах в Западно-Камчатской подзоне, %

Поколение	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
2020 г.р.																						
2019 г.р.																					1,2	
2018 г.р.																			0,2	1,5	5,6	
2017 г.р.																		+	1,2	3,0	5,6	
2016 г.р.																	+	0,6	1,2	3,8	<b>11,2</b>	
2015 г.р.																	0,3	5,3	3,5	<b>13,2</b>	<b>26,9</b>	
2014 г.р.																+	0,3	4,3	<b>12,9</b>	<b>15,0</b>	<b>32,1</b>	<b>24,4</b>
2013 г.р.															+	2,0	5,5	<b>11,9</b>	<b>30,8</b>	<b>31,4</b>	<b>26,1</b>	<b>13,3</b>
2012 г.р.														+	0,3	3,8	<b>10,0</b>	<b>21,7</b>	<b>30,1</b>	<b>23,7</b>	<b>13,3</b>	3,7
2011 г.р.													3,6	8,7	5,5	<b>27,9</b>	<b>34,0</b>	<b>14,1</b>	<b>13,3</b>	3,1	2,8	
2010 г.р.												+	4,2	5,8	6,3	<b>30,7</b>	<b>17,4</b>	3,6	3,7	1,8	1,6	
2009 г.р.												2,4	6,9	8,0	<b>16,1</b>	<b>12,8</b>	5,5	1,2	2,6	0,8	1,0	
2008 г.р.											+	4,1	<b>11,1</b>	<b>22,3</b>	<b>32,5</b>	6,5	2,2	0,7	1,4	0,4	1,0	
2007 г.р.											0,5	0,4	<b>18,0</b>	<b>28,9</b>	<b>33,4</b>	<b>19,5</b>	2,9	1,3	0,4	0,8	0,6	0,5
2006 г.р.							+	0,6	+	0,7	6,3	<b>43,2</b>	<b>30,5</b>	<b>14,7</b>	6,7	1,6	0,6	0,2	0,9	0,2	0,4	
2005 г.р.						+	0,2	3,4	+	5,9	<b>27,0</b>	<b>27,0</b>	8,9	3,6	3,3	0,8	0,4	0,1	0,5	+	0,2	
2004 г.р.						1,8	0,6	3,0	2,7	<b>21,5</b>	<b>35,7</b>	4,2	2,6	1,4	1,7	0,5	0,3	+	0,3	+	0,2	
2003 г.р.			+	0,1	1,6	1,4	3,8	<b>14,1</b>	<b>29,9</b>	<b>16,7</b>	0,6	1,4	0,7	1,1	0,3	0,1	+	0,1	+	0,1		
2002 г.р.		+	1,0	0,5	2,4	5,5	<b>13,2</b>	<b>32,6</b>	<b>20,1</b>	7,0	0,2	0,7	0,5	0,8	0,1	+	+	+	+	+		
2001 г.р.	+	7,7	5,2	0,6	7,6	<b>16,4</b>	<b>25,1</b>	<b>30,2</b>	<b>10,1</b>	3,6	0,1	0,4	0,3	0,3	+	+	+	+	+	0,2		

Примечание – (+) – доля менее 0,1%

## Продолжение приложения 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
2000 г.р.	+	1,9	<b>11,9</b>	9,1	3,8	<b>24,7</b>	<b>29,2</b>	<b>20,8</b>	<b>10,2</b>	5,6	1,6	+	0,3	+	0,2	+	+	+	+	+	
1999 г.р.	0,5	3,3	<b>12,1</b>	<b>14,7</b>	<b>19,6</b>	<b>34,6</b>	<b>22,2</b>	<b>12,3</b>	3,5	2,6	0,9	+	0,2	+	+	+	+	+	+	+	
1998 г.р.	1,9	8,4	<b>17,5</b>	<b>30,2</b>	<b>38,1</b>	<b>15,4</b>	<b>11,1</b>	8,1	2,2	1,5	0,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
1997 г.р.	6,8	<b>21,2</b>	<b>30,5</b>	<b>28,7</b>	<b>20,6</b>	5,3	6,3	4,3	1,8	1,0	0,2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
1996 г.р.	<b>19,7</b>	<b>30,1</b>	<b>15,0</b>	7,5	7,3	2,7	3,1	2,5	0,9	0,4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
1995 г.р.	<b>34,9</b>	<b>22,2</b>	3,4	1,7	4,0	1,5	1,8	1,8	0,6	0,1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
1994 г.р.	<b>22,2</b>	7,1	0,8	0,8	2,2	1,0	1,3	0,7	0,5	+	+										
1993 г.р.	7,1	2,2	0,5	0,4	1,5	0,7	0,5	0,3	0,3	+											
1992 г.р.	2,5	1,3	0,3	0,3	1,0	0,4	0,2	+	0,2												
1991 г.р.	1,6	0,8	0,2	0,2	0,4	0,2	+	+	+												
1990 г.р.	1,0	0,6	0,1	+	0,2	+	+	+	+												
1989 г.р.	0,8	0,5	+	+	+	+	+	+	+												
1988 г.р.	0,6	0,2	+	+	+	+	+	+													
1987 г.р.	0,3	0,1	+	+	+	+	+														
1986 г.р.	0,2	+	+	+																	
1985 г.р.	+	+																			
1984 г.р.	+	+																			
1983 г.р.	+	+																			
1982 г.р.	+																				
1981 г.р.																					
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Средний возраст, год	5,8	5,6	4,8	5,6	7,0	6,5	7,2	7,3	7,3	7,0	6,7	5,6	5,8	6,0	6,5	5,4	5,4	5,1	6,2	6,0	6,2
SE	0,9	0,8	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,1	1,1	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3

Приложение 6 – Доли поколений минтая в промысловых уловах в Камчатско-Курильской подзоне, %

Поколение	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
2020 г.р.																					0,5	
2019 г.р.																					0,7	
2018 г.р.																					3,6	
2017 г.р.																			+	0,3	2,4	
2016 г.р.																		+	0,3	5,2	12,7	
2015 г.р.																	0,8	1,3	1,1	12,3	23,9	
2014 г.р.																+	2,9	5,8	8,7	27,5	30,3	
2013 г.р.															0,4	5,0	11,0	24,3	31,2	12,2		
2012 г.р.														+	0,3	2,3	9,5	31,1	39,0	12,3	3,2	
2011 г.р.													+	1,5	10,1	12,3	27,2	33,6	17,4	3,2	2,6	
2010 г.р.												+	+	2,0	2,1	32,0	38,0	28,0	9,9	4,2	2,2	1,5
2009 г.р.									1,1	0,3	0,5	2,0	10,0	42,2	24,4	11,2	3,3	2,5	1,1	1,0		
2008 г.р.								+	+	+	1,5	3,9	25,4	6,1	8,2	5,1	1,5	1,2	0,5	0,9		
2007 г.р.							+	1,3	2,0	0,6	3,4	15,1	36,0	3,1	4,4	3,2	1,1	0,3	0,5	0,6		
2006 г.р.						+	0,3	7,1	5,3	6,3	12,7	35,4	14,0	2,1	3,0	2,4	0,7	0,4	0,4	0,3		
2005 г.р.					+	+	0,4	4,5	7,9	26,1	29,3	20,7	4,0	1,3	2,2	1,9	0,5	0,3	0,1	+		
2004 г.р.			0,2	+	+	0,4	5,7	17,8	34,5	22,1	8,6	2,9	0,8	1,9	1,5	0,2	+	+	0,2			
2003 г.р.		0,7	0,2	1,0	0,4	2,2	17,8	28,3	16,3	11,8	4,3	1,4	0,8	1,4	0,9	+	+	+	+	0,1		
2002 г.р.		3,5	2,3	4,8	3,0	10,4	35,2	19,6	7,0	6,6	3,1	1,0	0,7	0,8	0,4	+	+	+	+	+		
2001 г.р.	0,4	+	2,0	5,1	9,9	12,2	25,6	16,3	8,4	3,3	4,5	2,2	0,5	0,3	0,4	+	+	+	+	0,1		

Примечание – (+) – доля менее 0,1%

Продолжение приложения 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
2000 г.р.	+	2,8	1,7	4,2	5,1	<b>23,0</b>	<b>31,6</b>	<b>25,1</b>	5,2	3,6	2,3	3,3	1,5	0,5	0,1	+	+	+	+	+		
1999 г.р.	0,5	1,3	4,7	8,0	<b>15,6</b>	<b>31,4</b>	<b>26,5</b>	<b>14,2</b>	2,2	2,5	1,4	2,4	0,7	0,4	+	+	+					
1998 г.р.	1,3	6,2	7,4	<b>23,6</b>	<b>30,8</b>	<b>15,0</b>	<b>12,1</b>	7,6	1,7	1,6	1,1	1,3	0,3	0,3	+	+						
1997 г.р.	4,3	<b>15,2</b>	<b>22,8</b>	<b>34,0</b>	<b>19,3</b>	5,9	5,2	5,2	1,1	1,2	0,5	0,5	+									
1996 г.р.	<b>12,3</b>	<b>31,6</b>	<b>29,8</b>	<b>12,4</b>	8,1	2,8	3,6	3,7	0,9	0,6	0,2	+	+									
1995 г.р.	<b>37,7</b>	<b>28,2</b>	<b>15,8</b>	4,4	4,3	2,1	2,3	2,6	0,5	0,2	+	+										
1994 г.р.	<b>32,6</b>	9,1	7,3	2,2	3,1	1,5	1,8	1,4	0,3	+	+	+										
1993 г.р.	6,9	2,5	3,5	1,7	2,4	1,2	0,9	0,6	+	+	+											
1992 г.р.	1,8	0,8	2,4	1,2	1,9	0,8	0,4	0,1	0,1	+												
1991 г.р.	0,8	0,7	1,7	1,0	1,1	0,3	+	+	+													
1990 г.р.	0,6	0,4	1,4	0,7	0,5	+	+	+														
1989 г.р.	0,4	0,4	0,8	0,4	+	+	+															
1988 г.р.	0,4	0,2	0,4	0,1	+	+																
1987 г.р.	0,3	0,1	+	+	+																	
1986 г.р.	0,1	+	+	+																		
1985 г.р.	+	+	+																			
1984 г.р.	+	+																				
1983 г.р.	+																					
1982 г.р.																						
1981 г.р.																						
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Средний возраст, год	6,0	5,8	6,7	6,3	7,0	6,6	7,5	7,8	6,4	6,7	6,8	7,6	7,1	6,5	5,4	6,5	6,5	6,1	6,5	6,2	6,3	
SE	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	

Приложение 7 – Некоторые параметры ихтиопланктонных съемок, уловы и соотношение стадий развития икры минтая у Западной Камчатки

Год	Сроки съемки	Средняя дата съемки	Площадь скоплений икры, тыс. км <sup>2</sup>	Численность икры, трлн шт.	Доля стадий развития икры от ее суммарной численности, %				Средний улов икры по стадиям, шт./м <sup>2</sup>				
					I	II	III	IV	I	II	III	IV	I-IV
2011	5-23 апр	14 апр	109,4	150,564	75,1	22,5	2,2	0,2	958 ± 278	363 ± 132	88 ± 26	21 ± 9	1261 ± 332
2012	11-25 апр	18 апр	118,5	249,397	68,0	30,3	1,6	0,1	1347 ± 340	871 ± 222	174 ± 68	31 ± 27	1967 ± 496
2013	4-20 апр	12 апр	99,8	95,829	65,0	31,6	3,3	0,1	895 ± 225	448 ± 110	111 ± 35	3 ± 1	1192 ± 258
2014	11-23 апр	17 апр	95,8	163,641	70,8	28,3	0,9	-	1354 ± 339	623 ± 135	60 ± 13	-	1751 ± 401
2015	9-26 апр	16 апр	92,1	106,593	60,5	36,6	2,8	0,1	836 ± 229	579 ± 190	104 ± 40	8 ± 2	1219 ± 327
2016	12-30 апр	21 апр	104,6	98,677	66,5	30,0	3,5	-	635 ± 189	287 ± 85	26 ± 8	-	1500 ± 385
2017	10-30 апр	20 апр	104,7	248,227	48,7	50,6	0,6	0,1	1514 ± 532	1491 ± 485	87 ± 39	26 ± 1	2784 ± 894
2018	14 апр-2 мая	23 апр	118,1	246,962	42,8	53,1	4,0	0,1	969 ± 182	1109 ± 295	167 ± 47	24 ± 15	978 ± 399
2019	6-26 апр	14 апр	123,9	261,388	66,8	32,2	0,9	0,1	1639 ± 458	836 ± 148	105 ± 32	8 ± 4	2266 ± 487
2020	10-30 апр	18 апр	127,2	282,501	72,2	25,9	1,7	0,2	1409 ± 417	924 ± 220	94 ± 24	37 ± 17	2041 ± 535
2021	12 апр-04 мая	21 апр	131,9	462,631	51,9	44,5	3,4	0,2	1985 ± 916	1860 ± 375	294 ± 97	66 ± 31	3766 ± 1128
2022	11 апр-03 мая	20 апр	133,8	292,335	33,5	53,0	10,8	2,7	991 ± 213	1482 ± 281	446 ± 115	202 ± 72	2593 ± 471
2023	2-27 апр	12 апр	133,9	459,893	79,2	20,5	0,2	0,1	3370 ± 1168	1178 ± 255	59 ± 17	3 ± 1	4250 ± 1263

Приложение 8 – Некоторые параметры ихтиопланктонных съемок, уловы и соотношение стадий развития икры минтая в зал. Шелихова

Год	Сроки съемки	Средняя дата съемки	Площадь скоплений икры, тыс. км <sup>2</sup>	Численность икры, трлн шт.	Доля стадий развития икры от ее суммарной численности, %				Средний улов икры по стадиям, шт./м <sup>2</sup>				
					I	II	III	IV	I	II	III	IV	I-IV
2011	1-7 мая	4 мая	38,5	53,166	74,8	24,2	0,9	0,1	1314 ± 414	772 ± 186	42 ± 10	18 ± 1	1781 ± 443
2012	30 апр-5 мая	2 мая	26,9	59,138	60,7	38,6	0,7	-	1212 ± 273	1095 ± 326	40 ± 8	-	2205 ± 457
2013	29 апр-6 мая	2 мая	53,5	127,750	75,8	23,3	0,9	-	1894 ± 676	840 ± 212	53 ± 12	-	2522 ± 776
2014	28 апр-4 мая	1 мая	37,4	68,215	66,7	32,6	0,7	-	1191 ± 310	905 ± 271	40 ± 17	-	1718 ± 424
2015	1-5 мая	3 мая	6,4	1,286	85,6	14,3	0,1	-	181 ± 45	38 ± 15	2 ± 1	-	194 ± 49
2016	30 апр-4 мая	2 мая	14,1	4,235	89,9	10,0	0,1	-	299 ± 133	35 ± 9	1 ± 1	-	352 ± 192
2017	30 апр-7 мая	3 мая	45,6	40,210	87,5	12,4	0,1	-	607 ± 313	119 ± 44	3 ± 1	-	691 ± 337
2018	2-7 мая	4 мая	25,1	29,025	89,7	10,2	0,1	-	1003 ± 615	197 ± 87	4 ± 2	-	1162 ± 682
2019	26 апр-1 мая	28 апр	21,9	5,961	64,2	35,7	0,1	-	187 ± 70	148 ± 66	2 ± 1	-	297 ± 119
2020	1-3 мая	2 мая	10,6	2,472	86,7	12,3	1,0	-	230 ± 63	53 ± 14	4 ± 1	-	284 ± 69
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	3-8 мая	5 мая	20,0	45,561	76,8	22,8	0,3	0,1	1400 ± 486	519 ± 191	24 ± 10	5 ± 3	1909 ± 583
2023	28 апр-2 мая	30 апр	20,4	5,436	80,1	19,7	0,2	-	486 ± 328	100 ± 50	7 ± 5	-	513 ± 296

Примечание – В 2021 г. ресурсные исследования в зал. Шелихова не проводились

Приложение 9 – Некоторые параметры ихтиопланктонных съемок, уловы и соотношение стадий развития икры минтая в Североохотоморском районе

Год	Сроки съемки	Средняя дата съемки	Площадь скоплений икры, тыс. км <sup>2</sup>	Численность икры, трлн шт.	Доля стадий развития икры от ее суммарной численности, %				Средний улов икры по стадиям, шт./м <sup>2</sup>				
					I	II	III	IV	I	II	III	IV	I-IV
2011	8-25 мая	15 мая	337,9	177,983	63,7	30,1	5,5	0,7	324 ± 45	219 ± 30	65 ± 15	25 ± 8	508 ± 60
2012	5-25 мая	14 мая	294,0	140,005	81,0	15,6	3,0	0,4	397 ± 51	126 ± 26	61 ± 24	20 ± 11	492 ± 59
2013	6-26 мая	15 мая	345,7	319,042	65,5	30,8	3,5	0,2	612 ± 85	339 ± 62	83 ± 21	15 ± 6	911 ± 118
2014	4-24 мая	13 мая	343,0	292,161	61,8	35,0	3,1	0,1	715 ± 146	528 ± 112	86 ± 26	9 ± 3	1101 ± 197
2015	5-24 мая	14 мая	268,9	354,713	43,2	49,5	7,2	0,1	861 ± 175	863 ± 185	260 ± 69	12 ± 5	1578 ± 277
2016	5-25 мая	11 мая	327,3	251,000	61,7	33,3	4,9	0,1	654 ± 135	352 ± 52	241 ± 38	5 ± 1	925 ± 163
2017	7-24 мая	14 мая	344,5	264,896	51,7	45,1	2,7	0,5	556 ± 115	386 ± 78	108 ± 41	28 ± 10	853 ± 155
2018	8-26 мая	16 мая	317,6	216,944	39,0	59,9	0,9	0,2	385 ± 83	462 ± 111	33 ± 10	14 ± 7	748 ± 135
2019	1-20 мая	9 мая	314,3	189,939	55,7	44,0	0,3	-	346 ± 55	318 ± 77	13 ± 5	-	632 ± 103
2020	3-22 мая	11 мая	357,1	261,318	60,4	36,3	3,0	0,3	478 ± 64	278 ± 61	91 ± 40	105 ± 95	731 ± 108
2021	4-20 мая	11 мая	316,9	155,449	48,4	48,9	2,3	0,4	225 ± 44	198 ± 67	39 ± 14	17 ± 9	410 ± 91
2022	9-24 мая	15 мая	322,0	235,972	43,4	42,9	10,0	3,7	401 ± 66	351 ± 50	95 ± 22	106 ± 33	783 ± 102
2023	3-15 мая	8 мая	249,9	136,873	67,1	29,2	3,5	0,2	378 ± 97	285 ± 75	78 ± 41	27 ± 19	603 ± 136

Приложение 10 – Среднегодовые параметры скоплений самок минтая у западной Камчатки, шт./км<sup>2</sup>

Год	Преднерестовые				Нерестовые				Отнерестовавшие			
	M	SD	SE	%	M	SD	SE	%	M	SD	SE	%
2011	34 220	112 736	11 883	59,7	8 033	27 243	2 872	14,0	15 056	37 198	3 921	26,3
2012	38 169	83 725	9 420	61,3	5 129	14 632	1 646	8,2	19 004	31 557	3 550	30,5
2013	12 409	21 039	2 309	62,3	1 899	6 251	686	9,5	5 597	10 656	1 170	28,2
2014	23 245	42 504	5 080	55,7	2 684	10 255	1 226	6,4	15 815	23 320	2 787	37,9
2015	18 214	38 806	4 969	50,7	5 229	20 455	2 619	14,6	12 465	27 891	3 571	34,7
2016	7 789	17 957	2 178	45,7	1 290	3 683	447	7,6	7 960	19 240	2 333	46,7
2017	16 349	41 233	5 000	45,0	3 293	12 843	1 557	9,1	16 687	35 064	4 252	45,9
2018	10 684	22 479	2 687	39,9	1 711	4 836	578	6,4	14 399	18 730	2 239	53,7
2019	19 363	41 549	4 966	52,3	2 365	9 839	1 176	6,4	15 318	30 982	3 703	41,3
2020	15 702	32 003	3 853	51,0	1 207	3 505	422	3,9	13 887	16 416	1 976	45,1
2021	30 406	70 891	8 473	54,1	4 913	11 145	1 332	8,7	20 929	27 452	3 281	37,2
2022	16 586	44 694	5 381	40,8	1 830	6 309	760	4,5	22 277	40 414	4 865	54,7
2023	17 181	43 599	5 174	48,3	2 954	8 939	1 061	8,3	15 407	33 954	4 030	43,4

Примечание – M – среднее, SD – стандартное отклонение, SE – стандартная ошибка

Приложение 11 – Среднегодовые параметры скоплений самок минтая в зал. Шелихова, шт./км<sup>2</sup>

Год	Преднерестовые				Нерестовые				Отнерестовавшие			
	M	SD	SE	%	M	SD	SE	%	M	SD	SE	%
2011	15 176	39 301	7 059	34,7	9 574	23 895	4 292	21,9	19 029	34 507	6 198	43,4
2012	14 098	35 055	6 625	48,1	4 538	10 877	2 056	15,5	10 663	21 701	4 101	36,4
2013	28 442	67 399	11 733	53,3	6 723	14 205	2 473	12,6	18 172	29 883	5 202	34,1
2014	20 292	42 433	6 976	49,0	2 363	5 495	903	5,7	18 747	35 011	5 756	45,3
2015	7 381	10 367	2 993	41,7	1 336	3 571	1 031	7,5	8 977	9 390	2 711	50,8
2016	15 323	22 419	6 760	44,6	3 198	6 868	2 071	9,3	15 865	26 096	7 868	46,1
2017	3 854	12 411	2 040	54,8	829	3 314	545	11,8	2 354	5 929	975	33,4
2018	6 031	19 398	3 602	66,9	318	783	145	3,5	2 659	6 464	1 200	29,6
2019	29 368	118 515	22 397	85,8	1 163	2 861	541	3,4	3 700	11 234	2 123	10,8
2020	22 796	21 998	6 350	74,3	2 367	2 711	782	7,7	5 506	6 312	1 822	18,0
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	25 577	83 492	17 409	62,2	2 397	7 369	1 536	5,8	13 146	31 300	6 526	32,0
2023	7 211	17 931	3 913	70,1	827	2 575	562	8,0	2 252	4 009	875	21,9

Примечание – M – среднее, SD – стандартное отклонение, SE – стандартная ошибка

Приложение 12 – Среднегодовые параметры скоплений самок минтая в Североохотоморском районе, шт./км<sup>2</sup>

Год	Преднерестовые				Нерестовые				Отнерестовавшие			
	M	SD	SE	%	M	SD	SE	%	M	SD	SE	%
2011	4 980	8 409	743	36,2	1 416	3 361	297	10,3	7 361	14 751	1 304	53,5
2012	17 464	47 930	4 339	54,4	4 110	12 585	1 139	12,8	10 542	17 225	1 560	32,8
2013	5 471	27 516	2 377	39,3	919	2 605	225	6,6	7 519	14 847	1 283	54,1
2014	8 579	26 703	2 298	37,7	1 416	4 464	384	6,2	12 779	27 586	2 374	56,1
2015	8 661	29 424	2 532	41,3	2 003	11 003	947	9,5	10 319	18 539	1 596	49,2
2016	7 695	20 353	1 733	47,5	1 223	3 763	320	7,5	7 294	12 253	1 043	45,0
2017	7 922	52 294	4 622	60,7	1 350	5 199	460	10,4	3 774	5 717	505	28,9
2018	2 928	5 273	479	45,5	460	1 072	97	7,1	3 053	5 327	484	47,4
2019	6 795	15 816	1 332	49,3	1 230	3 489	294	8,9	5 756	12 743	1 073	41,8
2020	13 364	34 976	2 977	52,5	1 715	5 282	450	6,7	10 392	22 470	1 913	40,8
2021	13 500	33 197	2 934	59,2	1 062	2 382	211	4,7	8 233	17 954	1 587	36,1
2022	6 573	21 314	1 906	46,2	672	2 493	223	4,7	6 980	16 785	1 501	49,1
2023	18 363	49 502	4 808	71,2	2 324	5 258	511	9,0	5 105	8 474	823	19,8

Примечание – M – среднее, SD – стандартное отклонение, SE – стандартная ошибка