

На правах рукописи



ШЕЙБАК

Артем Юрьевич

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

1.5.13. Ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

Научный руководитель:

Овсянников Евгений Евгеньевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией минтая и сельди Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИПРО»), г. Владивосток

Официальные оппоненты:

Токранов Алексей Михайлович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории гидробиологии Камчатского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский институт географии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Петропавловск-Камчатский

Строганов Андрей Николаевич, доктор биологических наук, доцент, заведующий Проблемной лабораторией по изучению рыбопродуктивности водных экосистем кафедры ихтиологии биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», г. Владивосток

Защита диссертации состоится «19» марта 2024 г. в 11:00 часов на заседании диссертационного совета 37.1.001.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») по адресу: 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 19.

Телефон: +7 (499) 369-92-83, доб. 43-10, электронный адрес: buyanovskiy@vniro.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «ВНИРО»:

<http://www.vniro.ru/files/disser/2023/sheibak-disser.pdf>

Автореферат разослан «_____» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

Буяновский А.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 десятилетия 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 Пацификой, 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 североохотоморского 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 североохотоморского 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 североохотоморского 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 североохотоморского минтая на основе динамики его численности и биомассы;
3. охарактеризовать размерно-возрастной состав североохотоморского минтая и его динамику в межгодовом аспекте;
4. актуализовать имеющиеся сведения о половом созревании и динамике созревания гонад североохотоморского минтая;
5. выявить особенности нереста и пространственного распределения икры и самок североохотоморского 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 североохотоморского 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 работы и публикации. Материалы диссертации представлены на российских и международных конференциях. 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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Данная глава выполнена на основе литературных данных и включает два раздела. В **разделе 1.1** приводятся краткие сведения о физико-географических особенностях района исследований, представлена обобщенная схема циркуляции вод и течений, рассмотрены наиболее важные океанологические параметры, влияющие на распределение и воспроизводство минтая в изучаемом районе. В **разделе 1.2** приводится краткая история изучения основных особенностей биологии минтая, его ареала и популяционной структуры, заключительная часть раздела посвящена межгодовой динамике его запаса в Охотском море.

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 (рис. 1, табл. 1).

В главе подробно описаны методы сбора материала. Ихтиологические и ихтиопланктонные исследования проводились в соответствии с принятыми методиками. Уловы минтая на промысловых судах получены в результате выполнения обловов его скоплений пелагическими тралами. Во время проведения научно-исследовательских экспедиций для выполнения тралений использовался разноглубинный трал РТ/ТМ 80/396. Независимо от продолжительности промыслового и научного траления величина фактического улова приводилась к 1 часу. Возраст рыб определялся по поперечному слою отолита, проходящему через ядро и прокаленному на пламени спиртовки (Chilton,

Bemish, 1982; Буслов, 2009; Буслов, Овсянников, 2019). Общее количество особей, у которых определен возраст, в северо-восточной части моря составило 6555 экз., в северо-западной части – 6857 экз.

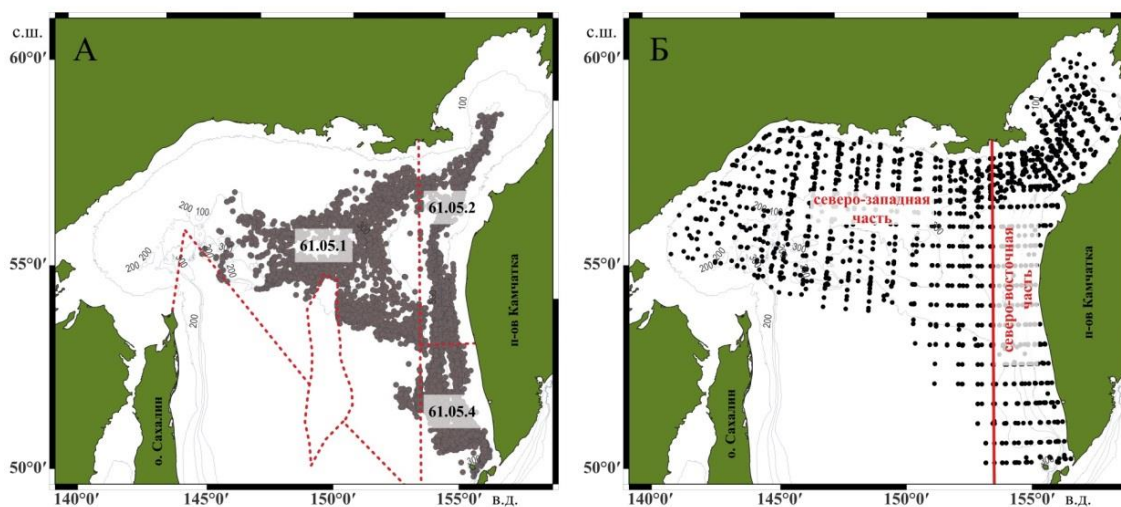


Рисунок 1 – Карта-схема района работ и сбора материалов: А – траления научного мониторинга промысла минтая в 2001–2021 гг. (61.05.1 – Северо-Охотоморская подзона, 61.05.2 – Западно-Камчатская подзона, 61.05.4 – Камчатско-Курильская подзона), Б – комплексные станции (траление, ихтиопланктонная станция) в 2011–2023 гг.

Таблица – 1 Объем собранных и использованных в работе материалов

Методы сбора материала	Годы	Кол-во рейсов	Кол-во тралений	Кол-во ихтиопланктонных станций	Кол-во промеров, экз.	Кол-во полных биологических анализов, экз.
Мониторинг промысла	2001-2021	43	6291	-	4516144	134925
Комплексные съемки	2011-2023	13	2295	3991	679709	35182

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). Численность и биомасса минтая рассчитаны по методу площадей (Аксютин, 1968).

Оценку урожайности поколений минтая, появившихся с 2011 по 2022 г., проводили по пятибалльной шкале уровня численности в возрасте 1 года и средней численности в возрасте 3–4 лет (Овсянников, 2009).

Для определения длины и возраста, при которых происходит первое ($L_{0\%}$ и $T_{0\%}$), массовое ($L_{50\%}$ и $T_{50\%}$) и 90 %-ное ($L_{90\%}$ и $T_{90\%}$) половое созревание, 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).

При выполнении ихтиопланктонных и гидробиологических исследований выполнялись вертикальные обловы ихтиопланктонной конусной сетью (ИКС-80) и большой сетью Джеди (БСД). В составах проб учитывалась только икра минтая, подсчет которой осуществлялся поштучно. Стадии развития икры определяли по четырехбалльной

шкале Расса (Горбунова, 1954), с учетом результатов исследований эмбриогенеза минтая, проведенных А.В. Бусловым и Н.П. Сергеевой (2013). Сравнение уловов икры сетями ИКС-80 и БСД проводили по совпадающим станциям с результативными уловами. Для корректного сравнения количество икры в уловах приводили к стандартной площади – 1 м². Для сравнения уловистости сетей использованы результаты обловов на 1978 совпадающих станциях.

Коэффициент акустической плотности ($K_{ап}$) представляет собой отношение акустической плотности на участке траления $S_{A(тр.)}$ к акустической плотности на участке пути между соседними траловыми станциями $S_{A(дис.)}$ и выражается в долях от единицы.

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) (рис. 1). Граница между северо-восточной и северо-западной частями моря проходит по меридиану 153°30' в.д.

Расчет площадей полигонов Вороного, средних значений плотности (шт./км² и кг/км²) и построение карт пространственного распределения икры и минтая по трапециям 30' по долготе и 30' по широте выполнены 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>). Площадь скоплений и численность икры рассчитаны с помощью сплайн-аппроксимации в ГИС «КартМастер 4.1» (Бизиков и др., 2007). Статистический анализ выполнялся в программных пакетах Statistica 12.0 и Microsoft Office Excel 2010 в соответствии с методиками, рекомендованными в литературе (Плохинский, 1970; Лакин, 1990).

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

3.1 Пространственное распределение минтая по промысловым данным

Обобщенные данные по работе промыслового флота за 2001–2021 гг. указывают на активный промысел минтая уже в *январе* в двух западнокамчатских подзонах (Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская) (рис. 2). К концу января распределение промысловых скоплений минтая простиралось вдоль сваловой части западнокамчатского шельфа за пределами изобаты 400 м, достигая входа в зал. Шелихова и южной части желоба Лебеда. В скоплениях преобладали преднерестовые особи.

В *феврале* миграции преднерестового минтая продолжают преимущественно в водах западной Камчатки и проходят в северном направлении, как над присваловой, так и над шельфовой частями, достигая горловины зал. Шелихова. В Северо-Охотоморской подзоне минтай образует плотные промысловые скопления над возвышенностью Лебеда (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-ова Кони). В уловах продолжают преобладать преднерестовые особи.

Миграционная активность минтая в *марте* возрастает и не ограничивается присваловой частью у западной Камчатки и локальными участками в Северо-Охотоморской подзоне. Рыбы активно мигрируют в направлении североохотоморского

шельфа и Притауйского района. Устойчивые во времени скопления минтая расположены в пределах южной части возвышенности Лебеда над глубинами более 350 м. Пространственное распределение минтая указывает на его нерест не только на шельфе западной Камчатки, но и за его пределами.

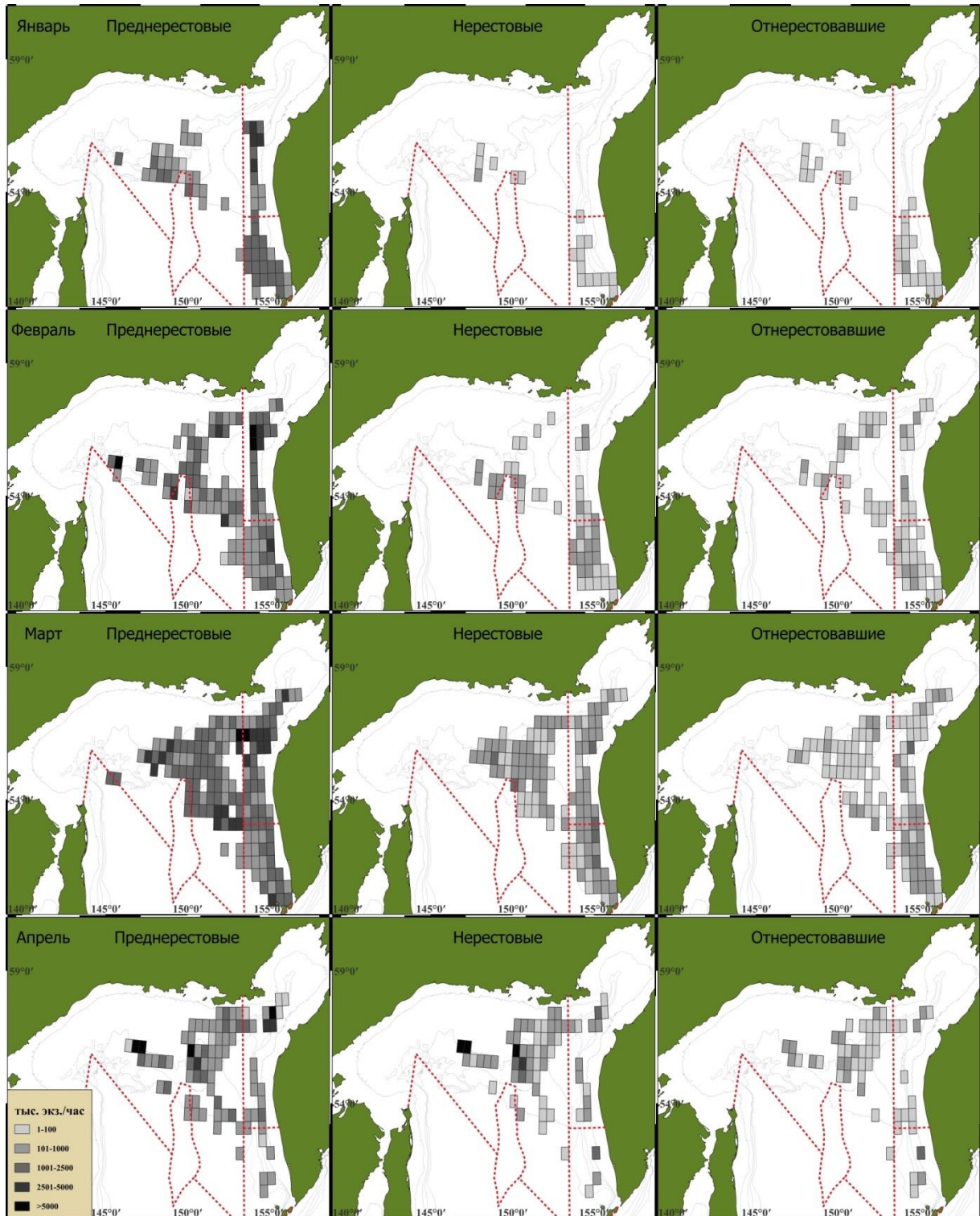


Рисунок 2 – Пространственное распределение преднерестового, нерестового и отнерестовавшего минтая в северной части Охотского моря по среднееголетним данным за январь – апрель 2001–2021 гг.

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

Дислокация флота в Северо-Охотоморской подзоне в первую декаду *апреля* указывает на продолжение нерестовой миграции минтая на североохотоморский шельф, которая проходит через возвышенность Лебеда, что может быть объяснено направлением потока теплых водных масс океанического происхождения (Жигалов, Лучин, 2010; Фигуркин, 2011). Во всех рассматриваемых подзонах продолжали доминировать преднерестовые особи, доля которых была выше в Западно-Камчатской и Северо-Охотоморской подзонах.

3.2 Пространственное распределение минтая по результатам траловых съемок

По данным траловых съемок, выполненных в 2011–2023 гг., проведен анализ пространственного распределение минтая в апреле-мае в северной части Охотского моря. Общая исследованная съемками площадь в среднем за 13 лет составляла 472,2 тыс. км², что составляет 30 % от общей площади моря. На обследованной акватории средняя плотность скоплений минтая составляла $123,5 \pm 5,5$ тыс. шт./км² или $34,2 \pm 1,4$ т/км² (рис. 3).

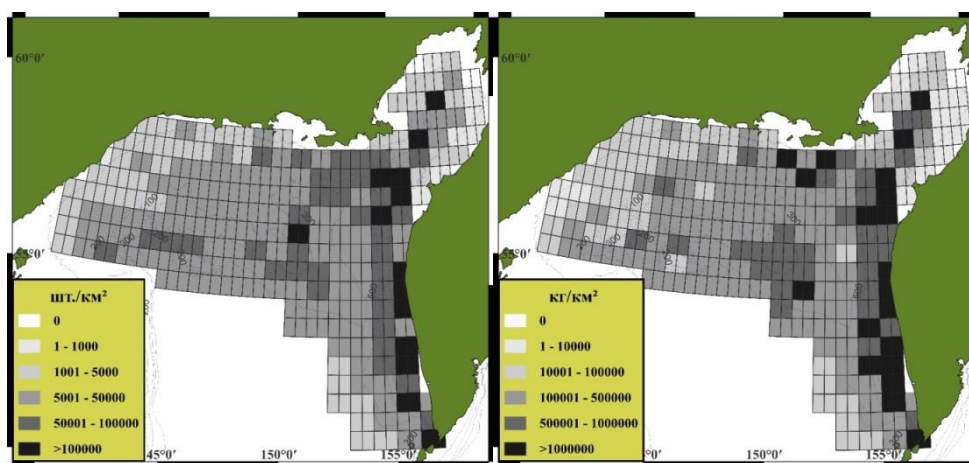


Рисунок 3 – Пространственное распределение численности (шт./км²) и биомассы (кг/км²) минтая в северной части Охотского моря в среднем за апрель-май 2011–2023 гг.

Наиболее плотные скопления наблюдались восточнее 148° в.д. – вдоль западной Камчатки, в желобе зал. Шелихова, у Притауйской губы и над возвышенностью Лебеда. Западнее 148° в.д. – на североохотоморском шельфе и в районе банки Кашеварова, плотность скоплений не превышала 45 тыс. шт./км². В среднем доля биомассы минтая, учтенная восточнее 148° в.д., достигала 90 % от общей биомассы на всем полигоне исследований.

Численность и биомасса минтая в разных районах моря значительно варьировали. У западной Камчатки средняя плотность составляла $176,2 \pm 12,5$ тыс. шт./км² и $53,9 \pm 3,2$ т/км², в зал. Шелихова – $153,0 \pm 21,5$ тыс. шт./км² и $35,0 \pm 5,3$ т/км² и в Североохотоморском районе – $88,8 \pm 5,0$ тыс. шт./км² и $22,9 \pm 1,4$ т/км² (рис. 3).

Распределение *неполовозрелых особей* в весенний период в отличие от половозрелых не зависело от нереста. Скопления разной плотности отмечены практически на всей исследованной акватории, за исключением внешней периферии полигона исследований в зал. Шелихова (рис. 4). Агрегации средней плотности наблюдались за пределами шельфовой зоны, за исключением притауйского шельфа, а плотные концентрации молодь образовывала у западной Камчатки – от 54° с.ш. до входа в зал. Шелихова, и особенно между $57-58^\circ$ с.ш. – в выростной зоне, над возвышенностью Лебеда и в районе банки Кашеварова. Средняя плотность неполовозрелых рыб у западной

Камчатки составляла $100,1 \pm 11,1$ тыс. шт./км², в зал. Шелихова – $79,8 \pm 16,3$ тыс. шт./км², в Североохотоморском районе – $50,6 \pm 4,3$ тыс. шт./км².

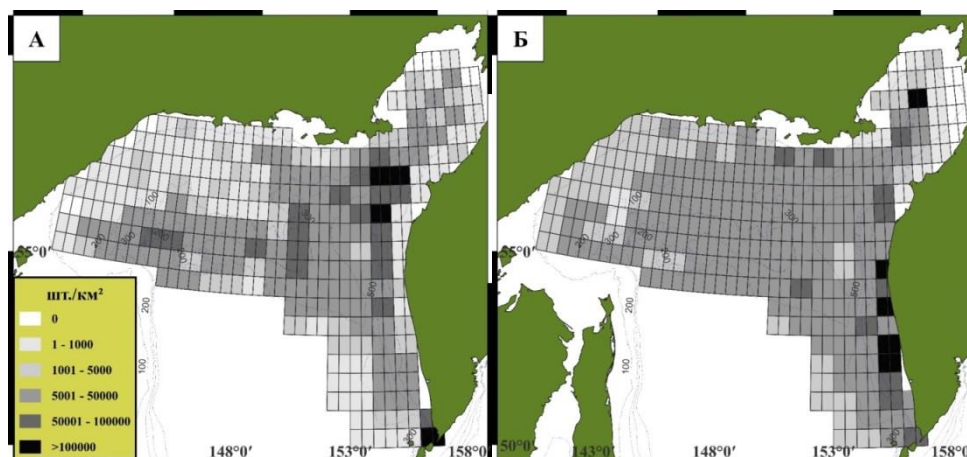


Рисунок 4 – Пространственное распределение численности (шт./км²) неполовозрелого (А) и половозрелого (Б) минтая в северной части Охотского моря в среднем за апрель-май 2011–2023 гг.

Пространственное распределение *половозрелого минтая* в весенний период в большей степени связано с его нерестовыми миграциями, поэтому на всей обследованной акватории он встречался от внутреннего шельфа до глубоководной части моря. В отличие от созревающих особей плотные скопления половозрелых рыб приурочены к шельфовой зоне западной Камчатки южнее 55° с.ш. и Притауйской губы. Также стоит отметить высокую среднюю плотность половозрелых рыб в зал. Шелихова, сопоставимую с таковой у Западной Камчатки, что связано с концентрацией особей в глубоководном желобе. В Североохотоморском районе половозрелый минтай распределен наиболее равномерно. Средняя плотность половозрелого минтая у западной Камчатки составляла $76,1 \pm 5,5$ тыс. шт./км², в зал. Шелихова – $73,2 \pm 12,6$ тыс. шт./км², в Североохотоморском районе – $38,2 \pm 2,4$ тыс. шт./км².

В 2011–2023 гг. на всей рассматриваемой акватории северной части Охотского моря средняя плотность неполовозрелых особей ($69,4 \pm 4,7$ тыс. шт./км²) несколько выше плотности половозрелых ($53,8 \pm 2,6$ тыс. шт./км²), что указывает на численное преобладание в запасе в современный период первой группы рыб.

Результаты анализа пространственного распределения разновозрастного минтая в весенний период показывают, что плотные концентрации годовиков находятся в местах расположения нерестилищ. При этом их средняя плотность в северо-восточной части моря в 2 раза выше, чем в северо-западной. С двухлетнего возраста рыбы начинают смещаться в глубоководную часть полигона, плотные концентрации 2–4-годовиков находятся над впадиной ТИНРО и над свалом глубин у западной Камчатки и Североохотоморского района. Также младшевозрастной минтай частично покидает воды зал. Шелихова, смещаясь в выростную зону, расположенную у западной Камчатки между 57–58° с.ш. Созревающие рыбы в пятилетнем возрасте начинают мигрировать в места нереста. Массовое созревание минтая на 6-ом году жизни приводит к более широкому распределению рыб этого возраста в северной части моря. Половозрелые рыбы старше 6 лет в весенний период находятся в местах основных нерестилищ, преимущественно в пределах шельфа. Плотность старшевозрастного минтая (от 9 лет и старше) относительно

остальных возрастных групп значительно меньше, за счет низкой доли таковых в общем запасе. Кроме того, старшевозрастные рыбы переходят к придонному образу жизни, в меньшей степени становятся доступными к облову пелагическим тралом и пропускают нерест либо совсем прекращают нереститься (Жукова, Пономарев, 2016).

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.

В северо-восточной части моря на протяжении рассматриваемого периода запас минтая изменялся от 11,0 млрд экз. и 3,7 млн т (2013 г.) до 35,3 млрд экз. и 8,2 млн т (2022 г.) (рис. 5). В северо-западной части наименьшая величина запаса оценена в 2013 г. – 13,2 млрд экз. и 3,8 млн т, наибольшая численность отмечена в 2014 г. – 38,6 млрд экз. при биомассе 6,1 млн т, а максимальный уровень биомассы пришелся на 2020 г. – при численности 26,9 млрд экз. она составила 8,1 млн т.

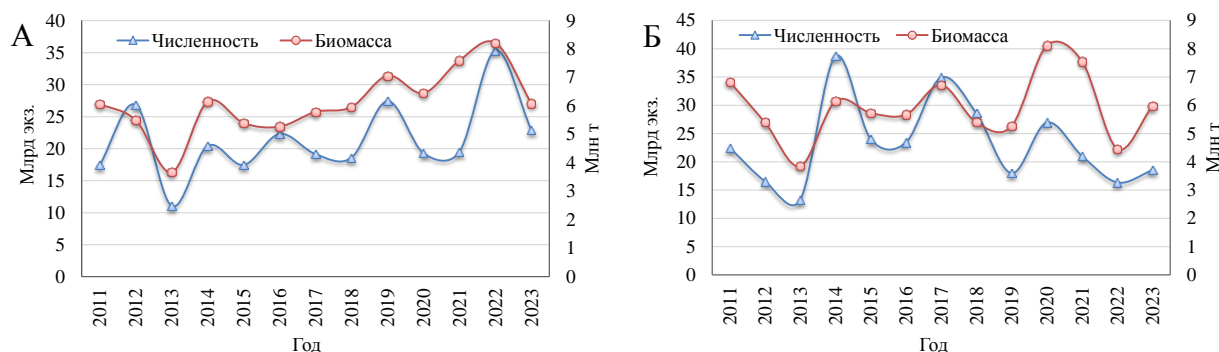


Рисунок 5 – Динамика численности и биомассы минтая в северо-восточной (А) и северо-западной (Б) частях Охотского моря

Несмотря на разнонаправленность динамики численности и биомассы в разных частях моря, анализ их вариации в северной части моря выявил схожесть между ними (рис. 6).

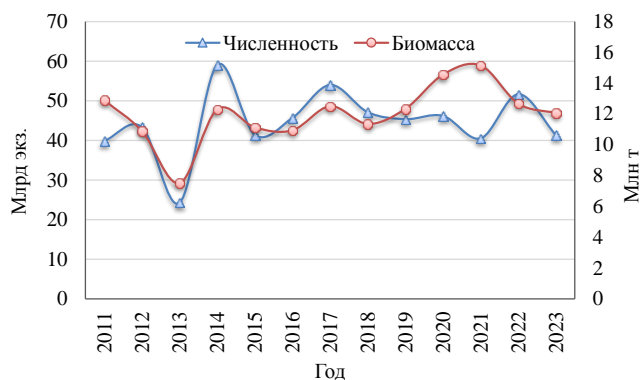


Рисунок 6 – Динамика численности и биомассы минтая в северной части Охотского моря

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. Далее последовал резкий рост запаса: в 2013 г. численность достигла максимального уровня – 59,0 млрд экз., а биомасса среднего – 12,3 млн т. В период с 2015 по 2017 г. отмечено снижение и плавный рост запаса. С 2019 г. параметры обилия минтая в северной части моря имели

разнонаправленную динамику. В 2021 г., при среднемноголетнем уровне численности в 40,5 млрд экз., биомасса минтая достигла максимального значения за рассматриваемый период – 15,1 млн т.

В отличие от пространственного распределения нерестовой биомассы минтая в 2000-е гг., 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 из 13 нерестовый запас преобладал в водах северо-западной части, где его доля варьировала от 51,2 до 59,9 %. И в 6 случаях большее количество половозрелых особей находилось в северо-восточной части моря – 50,2–62,2 % (рис. 7).

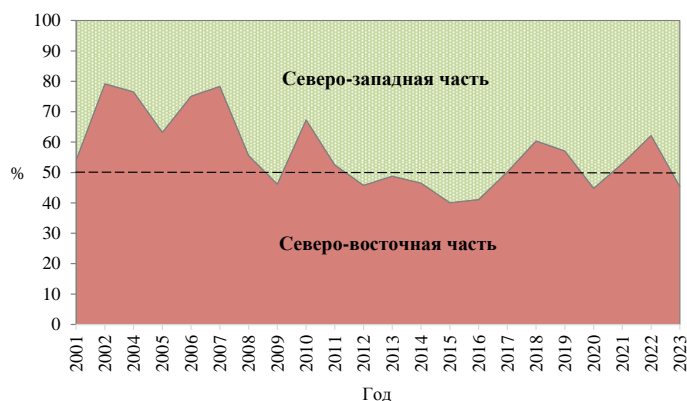


Рисунок 7 – Распределение биомассы нерестового запаса минтая между северо-восточной и северо-западной частями Охотского моря в весенний период

4.2 Динамика размерно-возрастного состава минтая по результатам траловых съёмок

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, 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 г. в общем размерно-возрастном составе преобладали особи нерестовой части запаса длиной 37–47 см и возрастом 5–8 лет, появившиеся во второй половине 2000-х гг. (рис. 8, 9). Минтай среднеурожайного поколения 2011 года рождения составлял основу дальнего и ближнего пополнения нерестового запаса вплоть до второй половины десятилетия. В 2013 г. появилась сверхурожайная генерация, превосходящая по численности особей 2011 года рождения в 1,5 раза.

Помимо упомянутых поколений с 2014 по 2019 г. появились также одно среднеурожайное (2019 г.), два урожайных (2015 и 2017 гг.) и три сверхурожайных (2014, 2016 и 2018 гг.) поколения, оцененные таковыми в возрасте одного года. Однако средняя численность в возрасте 3–4 лет генераций 2014–2016 гг. соответствовала среднеурожайному уровню, а 2017–2019 годов рождения – неурожайному.

В 2020 г. появилось самое низкое по численности поколение за рассматриваемый период, которое в возрасте одного года относилось к неурожайным. В начале 2020-х гг. отмечено очередное сверхурожайное поколение – 2021 года рождения и одно урожайное – 2022 года рождения.

Стоит отметить, что суммарная численность (49,6 млрд экз.) трех сверхурожайных поколений 2011, 2013 и 2021 гг. в годовалом возрасте была выше общей численности остальных возрастных генераций минтая (36,4 млрд экз.), появившихся с 2011 по 2022 г. Последовательное появление с 2013 по 2018 г. поколений минтая различной численности

привело к усложнению размерной структуры общего запаса. Количество модальных групп варьировало от 2 до 4.

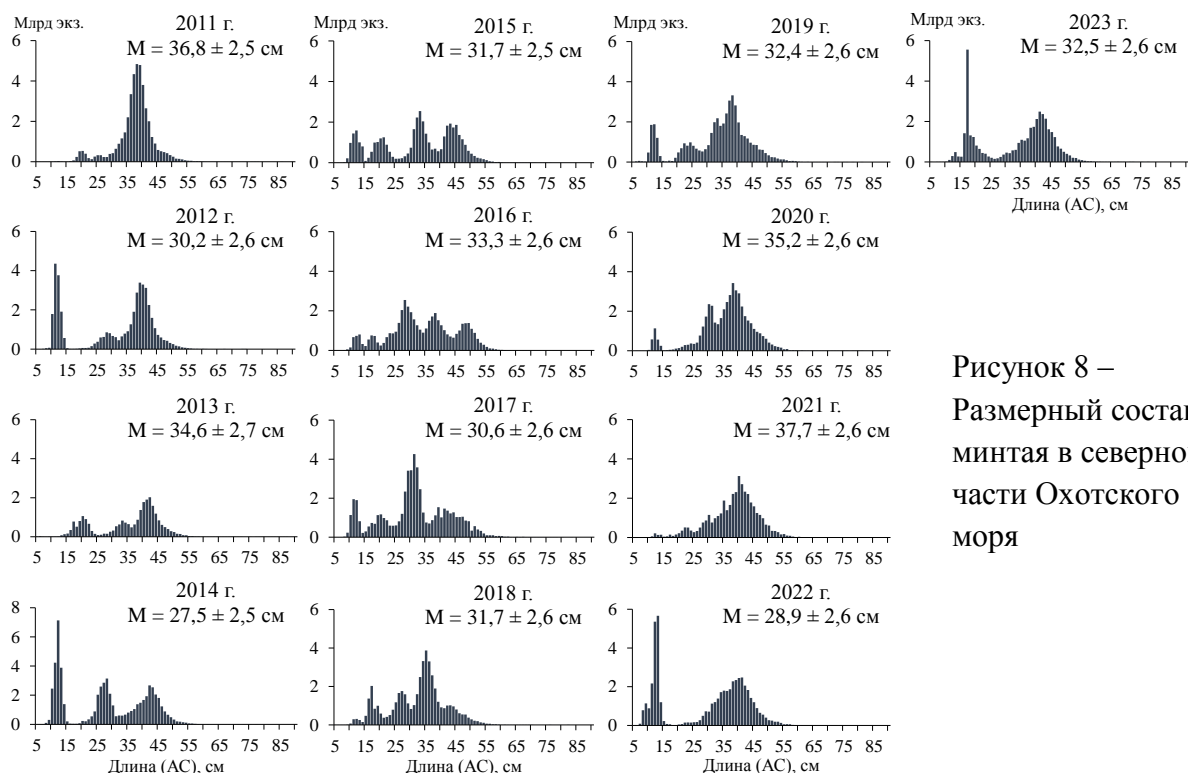


Рисунок 8 –
Размерный состав
минтая в северной
части Охотского
моря

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 возрастом от 4 до 8 лет. Однако появление сверхурожайного поколения в 2021 г. вновь привело к формированию бимодальной размерной структуры.

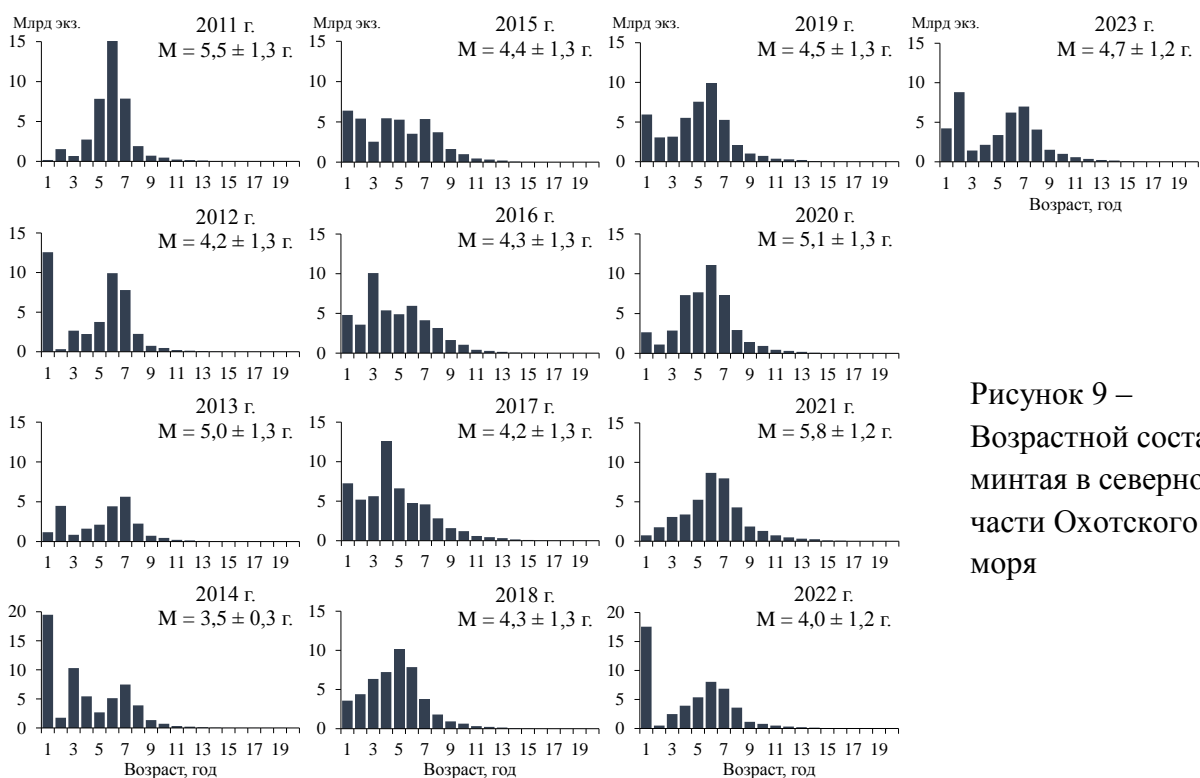


Рисунок 9 –
Возрастной состав
минтая в северной
части Охотского
моря

4.3 Динамика размерно-возрастного состава минтая в промысловых уловах

Размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах в Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах имел общие черты. Облавливались особи от 8 до 86 см, в возрасте от 1 до 23 лет, основу уловов составляли рыбы длиной 36–46 см и возрастом 5–8 лет (рис. 10). На протяжении двух десятилетий в возрастной структуре выделялись поколения 1995, 1997, 2004-2005, 2011 и 2013 годов рождения. В промысловых уловах урожайные поколения начинали проявляться с возраста 4–5 лет. Если в северо-западной части моря высокочисленные генерации конца 1990-х гг. составляли основу уловов в течение 4 лет, то поколения 2000-х и 2010-х гг. – только в течение 1–2 лет. В северо-восточной части высокие доли тех же урожайных поколений отмечались в уловах на протяжении 3–4 лет.

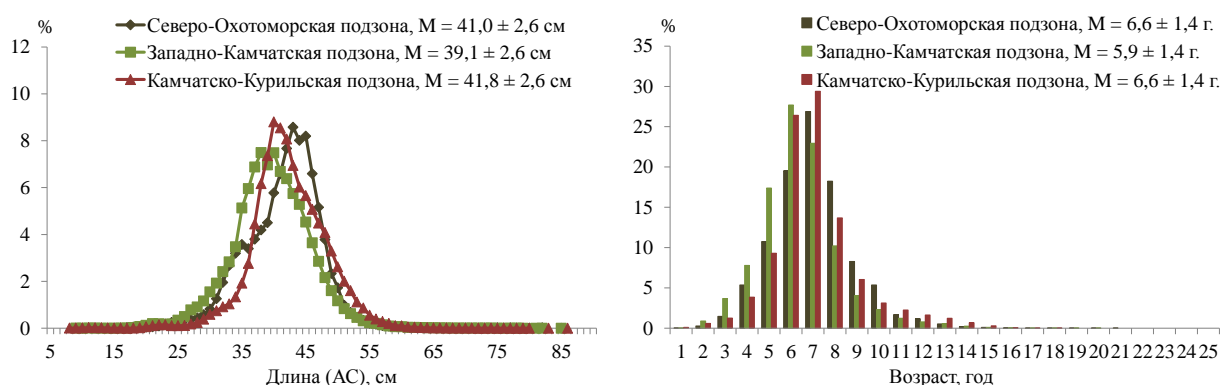


Рисунок 10 – Размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах в северной части Охотского моря (сезон «А») в среднем за 2001–2021 гг.

Прилов минтая непромыслового размера ($AD < 35$ см) 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 % (рис. 11).



Рисунок 11 – Межгодовая динамика величины прилова минтая непромысловой длины в северной части Охотского моря (сезон «А»)

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

Выявлено, что скорость *полового созревания* североохотоморского минтая в 2011–2023 гг. варьировала по годам. Массовое созревание самцов в разные годы наступало при

длине 35 (2011 г.) – 40 (2016 г.) см и возрасте 5 (2011 г.) – 7 (2016 г.) лет. Длина 50 %-го созревания самок изменялась от 37 (2012 г.) до 42 (2016 г.) см, возраст – от 5 (2011 г.) до 7 (2016 г.) лет.

Результаты анализа осредненных данных выявили незначительное различие в линейных размерах наступления первого, массового и 90 %-го созревания между самцами и самками (рис. 12). Так, самцы начинали созревать при длине 25 см, самки – при длине 27 см. Массовое половое созревание у самцов и самок наступало при линейных размерах соответственно 36 и 38 см. При длине самцов 40 см и самок 42 см половозрелыми становились 90 % особей. Как известно, темп линейного роста у обоих полов различается (Буслов, 2005). В то же время применение размерно-возрастного ключа, сформированного для каждого пола и учитывающего разницу в темпах роста, определило наступление первого созревания у обоих полов на 3-ем году, массового – на 6-ом и 90 %-го – на 8-ом году жизни.

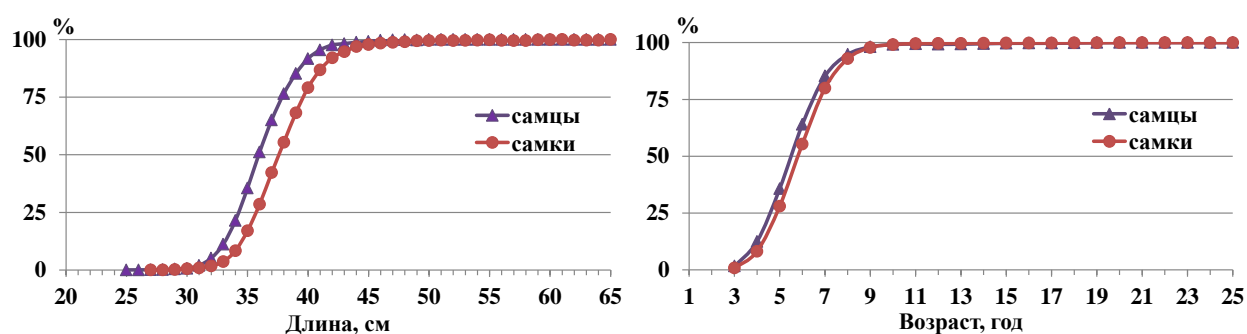


Рисунок 12 – Среднемноголетняя доля половозрелых самцов и самок минтая в размерных и возрастных группах в северной части Охотского моря за 2011–2023 гг.

При этом результаты проведенного анализа определили более высокий темп созревания у самцов, в отличие от самок. Так, количество половозрелых самцов при полных шести лет составляет 63,9 %, самок – 55,4 %.

В январе в северной части Охотского моря преобладал преднерестовый минтай (рис. 13). В Северо-Охотоморской и Камчатско-Курильской подзонах в незначительном количестве отмечались нерестовые и отнерестовавшие особи, что свидетельствует о начале зимнего нереста.

В феврале увеличилось количество нерестовых и отнерестовавших рыб, особенно среди самцов в Камчатско-Курильской подзоне – до 11 %. Однако гонады большинства особей находились на преднерестовых стадиях зрелости. В Западно-Камчатской подзоне значительных изменений в созревании рыб по сравнению с январем не наблюдалось, большее количество минтая находилось в преднерестовом состоянии.

В марте нерестовые и отнерестовавшие особи в заметном количестве, особенно среди самцов (16 %), появились в Западно-Камчатской подзоне. В Камчатско-Курильской подзоне доля таких рыб увеличилась у самцов до 35 %, у самок до 18 %. В Северо-Охотоморской подзоне в марте более 90 % минтая находилось в преднерестовом состоянии.

В первой декаде апреля нерест у западной Камчатки начинал приближаться к своему пику. В Западно-Камчатской подзоне количество нерестовых и отнерестовавших самцов соответствовало количеству преднерестовых, среди самок преобладали преднерестовые особи. В Камчатско-Курильской подзоне доля преднерестовых самцов снизилась до 40 %, а самок – до 57 %. В Северо-Охотоморской подзоне основу скоплений

все еще составлял преднерестовый минтай, но с заметным увеличением доли нерестовых рыб.

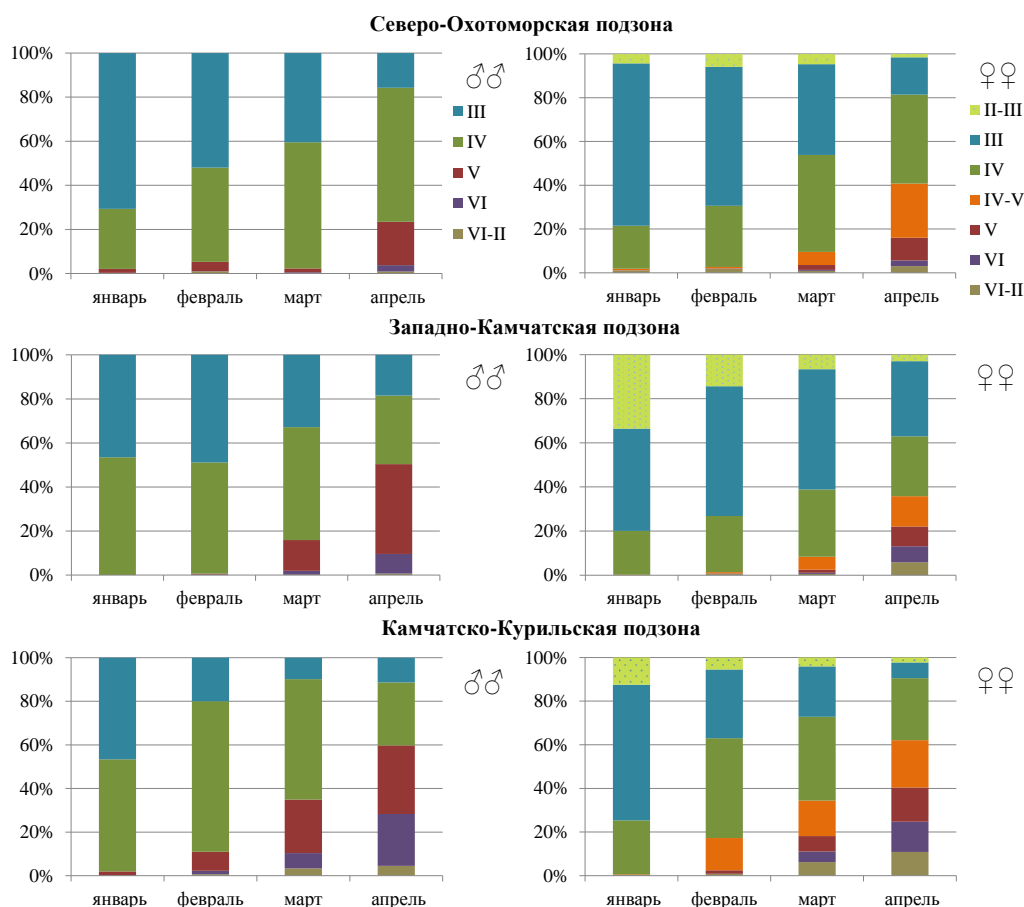


Рисунок 13 – Соотношение стадий зрелости гонад минтая в промысловый сезон «А» в среднем за 2001–2021 гг.

4.5 Применение коэффициента акустической плотности в расчетах запаса минтая траловым методом

Как показали эхоинтеграционные исследования, скопления минтая в дальневосточных морях распределены неоднородно (Кузнецов и др., 2002; Глубоков, 2003; Поляничко и др., 2022). На рис. 14 приведены изображения акустических записей минтая, являющиеся примером его неоднородного распределения в Охотском море, и выполнение тралений в местах его разной плотности. Как видно, траление может быть выполнено по скоплению минтая как малой, так и высокой плотности, что, в свою очередь, влияет на достоверность расчета запасов площадным методом. В связи с чем, помимо существующих параметров расчета запаса минтая, таких как коэффициент уловистости (K_y) и коэффициент объемности (K_o) (Волвенко, 1998, 1999, 2013; Мельников, 2006), дополнительно предлагается использовать коэффициент акустической плотности ($K_{ап}$), учитывающий разную плотность вида в месте траления и на обследованном полигоне.

Исследованиями установлено, что в случае применения в площадном методе $K_{ап}$ величина запаса в различных биостатистических районах изменяется как в большую, так и в меньшую сторону. Существенные отличия численности и биомассы, рассчитанных с применением коэффициента акустической плотности, от расчетных величин, полученных

без данного коэффициента, чаще отмечались в северных биостатистических районах северо-восточной части моря.

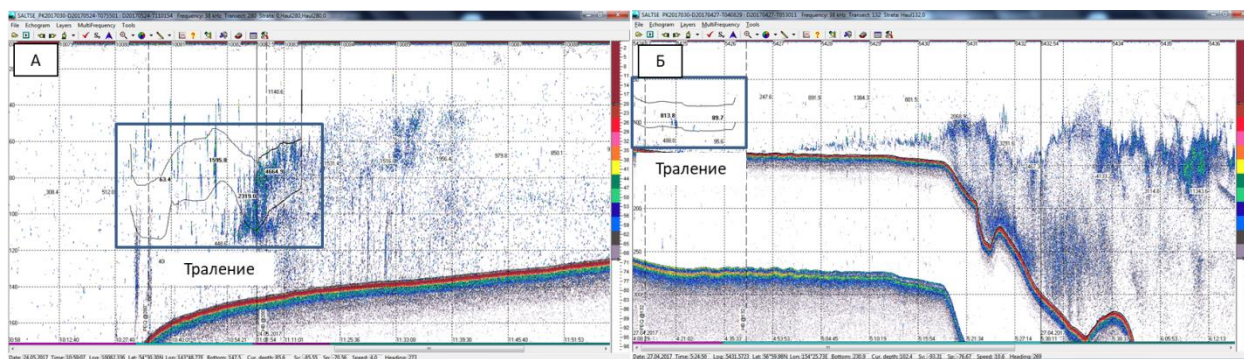


Рисунок 14 – Акустическое изображение скоплений минтая различной плотности в северной части Охотского моря. А – у Западной Камчатки (ЗК) (54°30′ с.ш. 143°48′ в.д.), Б – у Северо-Западной Камчатки (СЗК) (56°59′ с.ш. 154°25′ в.д.)

В целом результаты расчетов общего запаса с применением $K_{ап}$ показали более низкую биомассу во все годы исследований. В то же время численность минтая была существенно ниже в 2017, 2019 и 2020 гг. и незначительно выше в 2018 г. (табл. 2).

Таблица 2 – Общий запас минтая в северо-восточной части Охотского моря

Год	Численность, млрд экз.			Биомасса, млн т		
	без коэф-та	с коэф-ом	расхожде ние, %	без коэф-та	с коэф-ом	расхожде ние, %
2017	19,111	12,920	- 32,4	5,790	3,889	- 32,8
2018	18,567	18,597	+ 0,2	5,960	5,924	- 0,6
2019	27,402	21,602	- 21,2	7,064	5,598	- 20,8
2020	19,264	12,962	- 32,7	6,447	4,287	- 33,5

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

5.1 Среднеголетние особенности распределения икры и самок минтая

Во время выполнения ихтиопланктонных съемок с 2011 по 2023 г. общая обследованная акватория северной части моря в среднем составляла 483,8 тыс. км². Скопления икры разной плотности занимали 93,8 % от общей обследованной акватории (рис. 15). На скопления икры высокой плотности (>1000 шт./м²) приходилось 107,7 тыс. км², или 23,8 % от общей площади, занимаемой икрой. При этом в водах западной Камчатки площадь плотных скоплений 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./м² (2021 г.), в зал. Шелихова – 29676 шт./м² (2013 г.) и в Североохотоморском районе – 15984 шт./м² (2015 г.). Средняя плотность икры у западной Камчатки на всех стадиях развития составляла 2155±179 шт./м², в зал. Шелихова – 1361±158 шт./м² и в Североохотоморском районе – 766±37 шт./м². Как видно из

представленных данных, наиболее плотные скопления расположены в северо-восточной части моря.

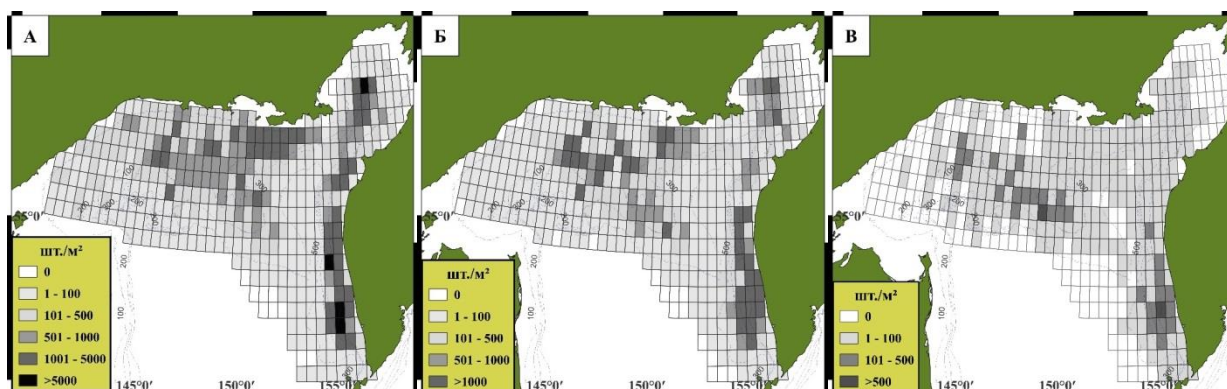


Рисунок 15 – Пространственное распределение икры минтая на I (А), II (Б) и III–IV (В) стадиях развития по уловам ИКС-80 в среднем за 2011–2023 гг.

Пространственное распределение икры на ранних (I и II) и поздних (III и IV) стадиях развития имело свои особенности. Так, икра на ранних стадиях встречалась на большей площади полигона исследований, за исключением некоторых мористых станций, где уловы были нулевыми (рис. 15). Плотные концентрации икры на I и II стадиях наблюдались на всех рассматриваемых нерестилищах минтая. Скопления икры на поздних стадиях плотностью >100 шт./м² присущи акваториям у западной Камчатки южнее $55^{\circ}00'$ с.ш., в Североохотоморском районе за пределами шельфа – над возвышенностью Лебеда и над североохотоморским шельфом западнее 147° в.д.

Распределение икры над глубинами в пределах разных нерестилищ имело определенные различия. В водах у западной Камчатки концентрации различной плотности преимущественно располагались в диапазоне глубин 51–150 м (75 %) (рис. 15). И только 22 % плотных концентраций встречалось за пределами шельфа южнее $53^{\circ}00'$ с.ш. В зал. Шелихова более 60 % скоплений обнаружено над желобом Лебеда (глубины более 300 м). В Североохотоморском районе 76 % плотных скоплений икры расположены над глубинами 101–200 м.

Преднерестовые самки встречались на большей части полигона – от прибрежных до периферийных мористых станций, средняя плотность которых составлял 13566 ± 811 шт./км² (рис. 16).

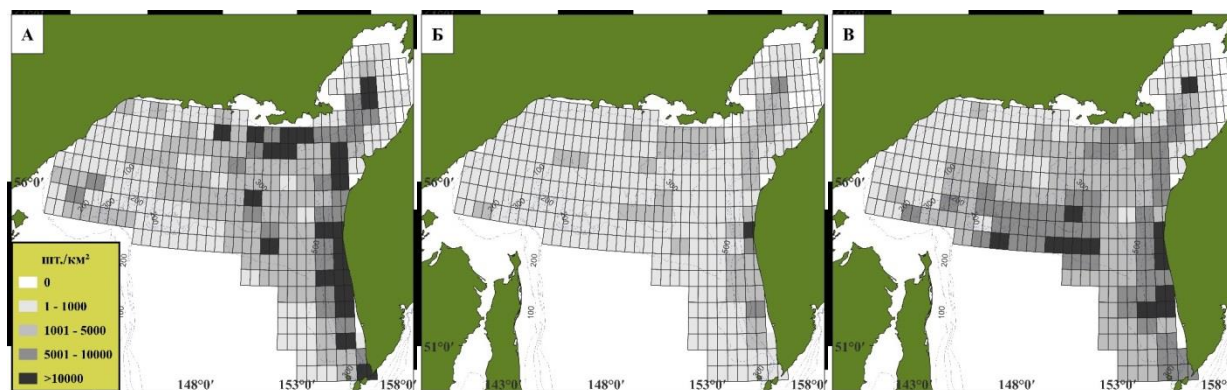


Рисунок 16 – Пространственное распределение преднерестовых (А), нерестовых (Б) и отнерестовавших (В) самок в северной части Охотского моря в среднем за 2011–2023 гг.

Однако их плотные скопления в пик нереста отмечены над шельфом у западной Камчатки от 52°00′ до 58°00′ с.ш. В зал. Шелихова преднерестовый минтай мигрировал вдоль глубоководной ложбины. В Североохотоморском районе плотные агрегации расположены в пределах притауйского шельфа между 150°00′–155°00′ в.д. и над возвышенностью Лебеда, на североохотоморском шельфе концентрации были незначительны.

Плотностные характеристики скоплений *нерестовых самок* значительно ниже преднерестовых и отнерестовавших (2273±172 шт./км²). Однако встречаемость их на полигоне исследований достаточно высокая. Наиболее плотные скопления отмечены в пределах шельфа у западной Камчатки, в глубоководном желобе зал. Шелихова, на притауйском и североохотоморском шельфе, определивших расположение основных нерестилищ в рассматриваемый период.

Пространственное распределение *отнерестовавших самок*, средняя плотность которых за рассматриваемый период составляла 10274±409 шт./км², имело отличительные черты для каждого из районов. У западной Камчатки самки с гонадами на стадии выбоя встречались в уловах от прибрежных до краевых мористых тралений. Однако плотные скопления отмечены между 52°00′–55°30′ с.ш. над изобатами 151–200 м – в местах агрегации икры плотностью выше 1000 шт./м². Севернее отнерестовавшие самки находились между 57° и 58° с.ш. – у входа в зал. Шелихова. Непосредственно в зал. Шелихова плотные скопления располагались над глубоководным желобом. На периферии от желоба их обилие было незначительным и не превышало 1000 шт./км². На притауйском нерестилище отнерестовавшие самки находились в пределах шельфовой зоны, с уменьшением плотности по направлению к впадине ТИПРО. В Североохотоморском районе плотные скопления расположены за пределами шельфовой зоны – над возвышенностью Лебеда и вдоль изобат 300–400 м до банки Кашеварова.

5.2 Межгодовые особенности распределения икры минтая

В 2011–2023 гг. в водах у *западной Камчатки* распределение икры в разные годы носило неравномерный характер. Скопления разной плотности распределены преимущественно вдоль побережья от 51°30′ с.ш. до входа в зал. Шелихова, а наиболее плотные концентрации (>1000 шт./м²) отмечались между 52°00′–56°00′ с.ш. Средний улов икры сетью ИКС-80 варьировал от 978±399 (2018 г.) до 4250±1263 (2023 г.) шт./м². Высокая плотность ее скоплений отмечена в 2017 и 2019–2023 гг., когда средний улов составлял 2781±298 шт./м². Во все остальные годы средняя плотность составляла 1367±146 шт./м². В период с 2013 по 2015 г. площадь, занимаемая икрой, была наименьшей – в среднем 95,9 тыс. км². В остальные годы превышала 100 тыс. км². Учетная численность икры в рассматриваемый период у западной Камчатки была высокой и колебалась от 95,8 (2013 г.) до 462,6 (2021 г.) трлн икринок, в среднем – 239,9±33,5 трлн икринок (рис. 17). Средняя дата выполнения съемок приходилась на вторую половину апреля, считающуюся временем пика нереста минтая в водах у западной Камчатки (Фадеев, 1981, 1987).

В зал. *Шелихова* в годы с низкой ледовитостью, позволявшей максимально обследовать акваторию залива (2011–2014, 2017, 2018, 2022 и 2023 гг.), скопления икры обнаружены в его центральной части над изобатами от 100 м и глубже. Средний улов икры на всех стадиях развития варьировал от 194±49 (2015 г.) до 2522±776 (2013 г.) шт./м². При этом в период с 2011 по 2014 г. он был значительно выше (2075±279 шт./м²),

чем в последующем – 2015–2023 гг. (ср. 741 ± 156 шт./м²). Стоит отметить, что в результате проведения ихтиопланктонных съемок в 2019 и 2023 гг. в более ранние сроки, учтено незначительное количество икры – 6,0 и 5,4 трлн шт.

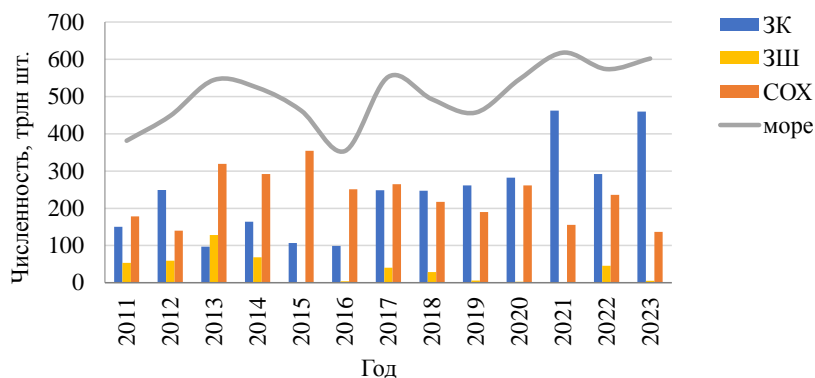


Рисунок 17 – Межгодовая динамика численности икры минтая, рассчитанной по уловам ИКС-80, в северной части Охотского моря

При максимально обследованной акватории залива численность икры составляла в среднем $53,8 \pm 12,5$ трлн шт. (рис. 17). Однако в 2013 г. в заливе на площади 65,6 тыс. км² учтено в 1,3 раза больше икры, чем у западной Камчатки на площади 130,3 тыс. км². Во второй половине 2010-х гг. средняя численность учтенной икры в заливе снизилась более чем в 2 раза. Средняя дата большинства съемок приходилась на начало первой декады мая. В этот период по количеству выметанной икры и отнерестовавших самок наблюдался пик нереста минтая в заливе.

Как правило, ихтиопланктонные съемки в *Североохотоморском районе* охватывали всю акваторию нерестилища. Средняя плотность скоплений икры варьировала от 410 ± 91 (2021 г.) до 1578 ± 277 (2015 г.) шт./м². При этом только в 2014 и 2015 гг. средние уловы превышали 1000 шт./м². Несмотря на достаточно обширный полигон исследований, средняя численность учтенной икры составляла $230,5 \pm 19,1$ трлн шт., что сопоставимо с уровнем у западной Камчатки и указывает на равнозначность рассматриваемых районов в воспроизводстве минтая в северной части Охотского моря в 2011–2023 гг. Ихтиопланктонные съемки выполнялись в конце первой – начале третьей декады мая, при этом средняя дата в большинстве лет приходилась на начало второй декады. Соотношение стадий развития икры и количество отнерестовавших самок в рассматриваемый период указывает на то, что пик нереста минтая приходился на середину мая.

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

По обобщенным за 2011–2023 гг. количественным характеристикам уловов икры сетью БСД основные скопления наблюдались у западной Камчатки, в зал. Шелихова и Североохотоморском районе (рис. 17). Наибольшую площадь плотные скопления (> 5000 шт./м²) занимали у западной Камчатки и значительно меньшую – в зал. Шелихова и Североохотоморском районе.

Минимальный улов икры на всех стадиях развития сетью БСД на рассматриваемых нерестилищах составлял 10 шт./м², максимальный улов у западной Камчатки получен в 2023 г. – 95820 шт./м², в зал. Шелихова в 2018 г. – 44980 шт./м² и в Североохотоморском районе в 2017 г. – 36460 шт./м².

Пространственное распределение икры по уловам БСД достаточно схоже с ее распределением по уловам ИКС-80 (рис. 15 и 17). Сравнение среднего улова икры на 1 м²

на совпадающих станциях показало, что у БСД он в среднем выше в 1,3 раза, чем у ИКС-80.

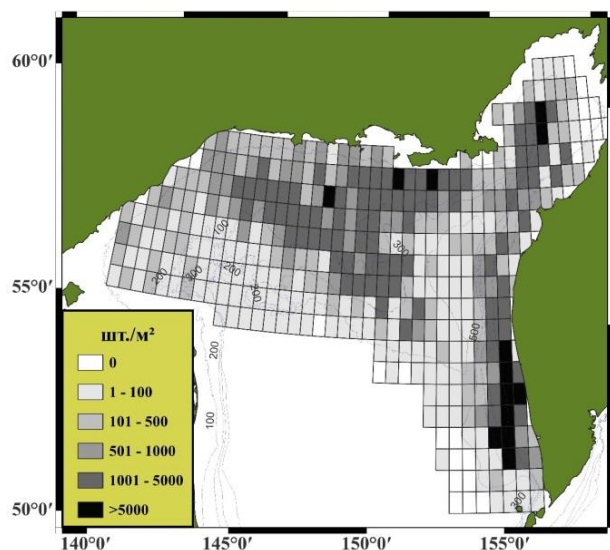


Рисунок 17 – Пространственное распределение икры минтая на I-IV стадиях развития по уловам БСД в северной части Охотского моря в среднем за 2011–2023 гг.

Результаты сравнения уловов икры на совпадающих станциях, проведенного с помощью двухвыборочного анализа проверки нулевой гипотезы (H_0) при $p > 0,05$ по t-критерию (критерий Стьюдента), указывают на статистически достоверное сходство величины уловов ИКС-80 и БСД

во все рассматриваемые годы. В результате наших исследований показано, что на скопления икры плотностью более 1000 шт./м² приходится более 70 % ее учтенной численности. Соответственно, для выяснения достоверной разности уловов сетей на плотных скоплениях провели аналогичные исследования. В результате в 2 из 13 случаев выявлены достоверные различия в величине уловов, приходящиеся на 2012 г. ($p = 0,033$) и 2020 г. ($p = 0,049$).

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

Численность икры на всем полигоне исследований, рассчитанная по уловам БСД, была в среднем в 1,3 раза выше, чем по уловам ИКС-80. Наибольшая разница в расчетах отмечена для 2012, 2019, 2020 и 2023 гг., что сопоставимо с достоверной разностью уловов сетей (> 1000 шт./м²) в 2012 и 2020 гг.

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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ:

1. Горбатенко К.М., Овсянников Е.Е., Лаженцев А.Е., **Шейбак А.Ю.** Оценка выедания икры минтая нектоном и медузами в северной части Охотского моря в весенний период // Известия ТИНРО. 2012. Т. 169. С. 12–20.

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

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

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

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

6. **Шейбак А.Ю.** Особенности нереста минтая *Gadus chalcogrammus* в северной части Охотского моря в 2010-х гг. // Вопросы рыболовства. 2023. Т. 24, № 4. С. 18–33.

Публикации в других изданиях:

1. Овсянников Е.Е., **Шейбак А.Ю.**, Пономарев С.С. Состояние запасов и размерно-возрастная структура минтая Охотского моря в 2010–2012 гг. // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО» «Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление». Петропавловск-Камчатский, 26–27 сентября, 2012. С. 89–96.

2. Пономарев С.С., **Шейбак А.Ю.** Динамика изменений плодовитости западнокамчатского минтая // Тезисы доклада VI конференции молодых ученых «Океанологические исследования». Владивосток, 15–19 апреля, 2013. С. 135–141.

3. **Шейбак А.Ю.**, Овсянников Е.Е. Современный статус и промысловое использование минтая северной части Охотского моря // Тезисы доклада Второй научной школы 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». Звенигород, 19–25 апреля, 2015. С. 73.

4. **Шейбак А.Ю.**, Чистякова Т.А. Исследования минтая в северной части Охотского моря весной 2017–2019 гг. // Статья в сборнике трудов VII научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса». Москва, 14–15 ноября, 2019. С. 515–521.

5. **Шейбак А.Ю.**, Поляничко В.И., Сыроваткин Е.В. Использование гидроакустических данных для уточнения запаса минтая по результатам траловых съемок в северо-восточной части Охотского моря // Статья в сборнике трудов I-ой Международной научно-практической конференции «Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития». Москва, 28–29 марта, 2023. С. 260–265.

6. **Шейбак А.Ю.**, Смирнов А.А. Влияние промысла на размерный состав и соотношение полов популяции североохотоморского минтая // Статья в сборнике трудов XXIV международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования». Москва, 20–22 апреля, 2023. С. 206–210.

7. **Шейбак А.Ю.**, Смирнов А.А. Основные биологические характеристики минтая в северо-восточной части Охотского моря в апреле 2023 г., как индикатор рационального природопользования // Статья в сборнике IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Современные проблемы экологии и природопользования». Пенза, 29–30 мая, 2023. С. 113–116.

ШЕЙБАК Артем Юрьевич

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

Автореферат диссертации

Подписано к печати:

12.01.2024

Формат: 60×84¹/₁₆

Объем: 1,5 п. л.

ФГБНУ «ВНИРО»

Группа печати

Департамента информации и печати

105187, г. Москва,

Окружной проезд, 19

Заказ № 8

Тираж: 100
